



现代生物技术制药丛书

# 药物蛋白质 分离纯化技术

李校堃 袁 辉 主编



化学工业出版社  
现代生物技术与医药科技出版中心

现代生物技术制药丛书

# 药物蛋白质分离纯化技术

## Separation and Purification of Pharmaceutical Proteins

李校堃 袁 辉 主编



化学工业出版社  
现代生物技术与医药科技出版中心

· 北京 ·

(京) 新登字 039 号

**图书在版编目 (CIP) 数据**

药物蛋白质分离纯化技术/李校堃, 袁辉主编. —北京: 化学工业出版社, 2005. 1  
(现代生物技术制药丛书)  
ISBN 7-5025-6463-2

I. 药… II. ①李…②袁… III. ①药物-蛋白质-分离-技术②药物-蛋白质-提纯-技术 IV. TQ463

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 130908 号

---

现代生物技术制药丛书  
**药物蛋白质分离纯化技术**

Separation and Purification of Pharmaceutical Proteins

李校堃 袁 辉 主编

责任编辑: 杨燕玲 余晓捷 梁静丽

责任校对: 陈 静

封面设计: 潘 峰

\*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行  
现代生物技术与医药科技出版中心  
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)  
发行电话: (010) 64982530  
<http://www.cip.com.cn>

\*

新华书店北京发行所经销  
北京市昌平振南印刷厂印刷  
三河市宇新装订厂装订  
开本 787mm×1092mm 1/16 印张 24½ 字数 595 千字  
2005 年 3 月第 1 版 2005 年 3 月北京第 1 次印刷  
ISBN 7-5025-6463-2/Q·129  
定 价: 56.00 元

---

**版权所有 违者必究**

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

## 《现代生物技术制药丛书》编委会

**编委会主任** 甄永苏

**编委会副主任** 赵贵英 张树庸 刘海林 肖梓仁 吴剑波

**委 员** (以姓氏汉语拼音为序)

程克棣 中国医学科学院药物研究所 研究员  
董德祥 中国医学科学院医学生物学研究所 研究员  
劳为德 中国科学院遗传与发育研究所 研究员  
李 津 北京天坛生物制品股份有限公司 副研究员  
李校堃 暨南大学医药生物技术研究开发中心 教授  
李琦涵 中国医学科学院医学生物学研究所 研究员  
李荣秀 上海交通大学生命科学技术学院 研究员  
李 元 中国医学科学院医药生物技术研究所 研究员  
刘海林 中国医药生物技术协会 副理事长兼秘书长 研究员  
梅兴国 军事医学科学院毒物药物研究所 教授  
汤仲明 军事医学科学院放射医学研究所 研究员  
吴 颀 华美生物工程公司 副总经理  
吴剑波 中国医学科学院医药生物技术研究所 研究员  
吴朝晖 中国医药生物技术协会 副秘书长  
肖梓仁 中国医药生物技术协会 副理事长 研究员  
许实波 中山大学药学院 教授  
叶和春 中国科学院植物研究所 研究员  
张树庸 中国生物工程学会 秘书长 研究员  
赵贵英 中国医学科学院医药生物技术研究所 研究员  
甄永苏 中国医学科学院医药生物技术研究所 中国工程院院士 研究员  
周国安 中国药品生物制品检定所 研究员

## 本册主编与编写人员

**顾 问**

郝 水 王正国 杨胜利 赵 铠 付小兵 林 剑 王军志

**主 编** 李校堃 袁 辉

**副主编** 蔡绍晖 于荣敏 洪 岸 华子春

**编写人员**

李校堃 暨南大学 生物医药研究开发中心 教授, 博导  
袁 辉 暨南大学药学院 博士 南京理工大学博士后  
张天佑 北京新技术应用研究所 教授  
蔡绍晖 暨南大学药学院 教授  
于荣敏 暨南大学药学院 教授  
洪 岸 暨南大学生命技术科学院 教授  
谢秋玲 暨南大学生命技术科学院 博士  
张 玲 暨南大学生命技术科学院 博士  
钱垂文 暨南大学药学院 讲师  
武育荣 长沙湘仪离心机厂 总经理  
朱利民 Bio-Rad 中国代表处 产品专员  
郑效东 东富龙科技有限公司 总经理  
杨树林 南京理工大学生物工程研究所 教授, 博导  
华子春 南京大学国家医药生物技术重点实验室 教授, 博导

# 目 录

绪论 (李校堃 袁 辉)	1
0.1 蛋白质提取	1
0.1.1 原材料的选择	1
0.1.2 提取方法	2
0.2 色谱	6
0.2.1 吸附剂的选择	6
0.2.2 预实验	6
0.2.3 色谱顺序	6
0.3 分析和检测	7
0.3.1 电泳	7
0.3.2 分级分离的监控	7
0.3.3 活性测定	8
0.3.4 蛋白质含量的确定	9
0.4 纯化策略	9
0.4.1 三步纯化策略	11
0.4.2 色谱技术的顺序	12
0.4.3 纯化的要求	14
0.5 冷冻干燥保存	15
0.6 规模放大的指导方针	15

## 第 1 部分 分离纯化方法

第 1 章 离心 (袁 辉 武育荣)	17
1.1 原理和分类	17
1.1.1 基本原理	17
1.1.2 分类	20
1.1.3 分析性超速离心	24
1.2 应用实例	25
1.2.1 应用超速离心法分离血浆脂蛋白	25
1.2.2 Ficoll 密度梯度离心法分离外周血单个核细胞	26
1.3 标准操作和注意事项	27
1.3.1 关于密度离心法梯度溶液的制备	27
1.3.2 超离心后样品的收集	28
1.3.3 关于连续流离心机操作的问题解答	28
1.3.4 离心机的常见故障及其排除	30
第 2 章 细胞破碎 (谢秋玲 洪 岸)	32

2.1 细胞的结构.....	32
2.1.1 细菌的结构.....	32
2.1.2 酵母的结构.....	32
2.1.3 动物细胞的结构.....	32
2.1.4 植物细胞的结构.....	32
2.2 破碎缓冲液.....	33
2.3 破碎的方法.....	33
2.3.1 机械法.....	33
2.3.2 非机械法.....	36
2.4 影响破碎率的因素和检测破碎率的方法.....	37
2.4.1 影响因素.....	37
2.4.2 检测方法.....	38
2.5 破碎仪器.....	38
2.5.1 珠磨机.....	38
2.5.2 高压均质机.....	39
2.6 破碎实例.....	40
2.6.1 破碎材料.....	40
2.6.2 破碎仪.....	40
2.6.3 破碎方法.....	40
2.6.4 仪器的清洗.....	41
2.6.5 注意事项.....	41
参考文献.....	41
<b>第3章 蛋白质沉淀 (张玲 袁辉 洪岸)</b> .....	42
3.1 盐析法沉淀.....	42
3.1.1 盐析法沉淀的原理.....	42
3.1.2 盐析的影响因素.....	44
3.1.3 操作步骤.....	44
3.2 有机溶剂沉淀.....	45
3.3 聚合物沉淀.....	46
3.4 等电点沉淀.....	47
3.5 选择性变性沉淀.....	47
3.5.1 温度变性.....	47
3.5.2 pH 变性.....	48
3.5.3 有机溶剂变性.....	48
<b>第4章 溶液的制备和膜过滤 (谢秋玲 袁辉 李校堃)</b> .....	49
4.1 缓冲液.....	49
4.1.1 简介.....	49
4.1.2 缓冲液的制备.....	52
4.1.3 缓冲液的更换.....	56
4.2 膜过滤.....	58

4.2.1	微过滤	58
4.2.2	标准流动净化	59
4.2.3	超滤	59
4.2.4	病毒过滤	60
4.2.5	高效切线流动过滤	60
4.2.6	膜色谱	61
4.3	应用实例	61
4.3.1	血浆制品	61
4.3.2	血清	62
4.3.3	哺乳动物培养	63
4.3.4	注释	66
4.4	术语	67
	参考文献	67
<b>第5章</b>	<b>色谱技术导论 (袁 辉 李校堃)</b>	68
5.1	基本概念和种类	68
5.2	固定相	70
5.2.1	基质特性	70
5.2.2	固定相技术	72
5.2.3	配基介绍	73
5.2.4	配体-蛋白质相互作用	73
5.3	色谱理论	75
5.3.1	色谱的量单位	75
5.3.2	在吸附色谱中的保留	78
5.4	色谱过程	81
5.4.1	装柱	81
5.4.2	加样	82
5.4.3	色谱的洗脱	82
5.5	仪器设备	83
5.5.1	色谱系统	83
5.5.2	色谱系统的部件	85
	参考文献	88
<b>第6章</b>	<b>凝胶排阻色谱 (袁 辉 钱垂文)</b>	90
6.1	简介	90
6.2	基质选择	91
6.2.1	可用基质特性	91
6.2.2	化学和吸附特性	93
6.2.3	选择曲线和分离范围	94
6.2.4	基质孔体积	94
6.3	理论考虑	95
6.3.1	通过凝胶过滤估算分子大小	95

6.3.2	柱效和峰区带扩展	96
6.3.3	影响分辨率的参数	98
6.4	装柱	100
6.4.1	柱材料及附件	100
6.4.2	装柱过程	100
6.4.3	装柱质量的评价	101
6.4.4	装柱落差压	102
6.5	样品与缓冲液	103
6.5.1	缓冲液与添加剂	103
6.5.2	样品	104
6.5.3	校正物质	104
6.6	凝胶排阻色谱系统	105
6.6.1	上样	105
6.6.2	洗脱	105
6.6.3	最佳流速	106
6.6.4	样品检测	107
6.6.5	系统(弥散)扩散	108
6.7	应用实例	108
6.7.1	脱盐——大量血红蛋白样品脱盐	108
6.7.2	蛋白质混合物组分收集——抗 IgE- $\beta$ 半乳糖苷酶结合物的纯化	108
6.7.3	凝胶过滤分析——葡萄球菌肠毒素 B 的纯化监测, 小鸡干扰素分子质量的确定	109
6.7.4	孔径大小的确定——Superose <sup>®</sup> 6 表观孔直径的估算	111
6.7.5	混合模式分离——酵母菌细胞色素氧化酶的初始纯化	112
6.8	凝胶过滤部分所使用的公式和符号	113
6.9	分子质量标准品	114
	参考文献	115
<b>第 7 章</b>	<b>离子交换色谱 (袁 辉 钱垂文)</b>	<b>119</b>
7.1	离子交换色谱的原理	120
7.2	离子交换色谱的基本概念	121
7.2.1	离子交换色谱的分辨率	121
7.2.2	容量因子	122
7.2.3	柱效	122
7.2.4	选择性	123
7.2.5	容量	123
7.3	离子交换剂的种类	124
7.4	样品准备	125
7.4.1	样品浓度	125
7.4.2	样品组成	125
7.4.3	样品体积	126



7.4.4	样品黏度 .....	126
7.4.5	样品制备 .....	126
7.5	柱装填 .....	126
7.5.1	柱构造 .....	126
7.5.2	柱装填录像 .....	126
7.5.3	检查填充 .....	126
7.6	交换容量的测定 .....	127
7.6.1	阴离子交换树脂交换容量的测定 .....	127
7.6.2	阳离子交换树脂交换容量的测定 .....	127
7.7	离子交换介质的清洗和储存 .....	128
7.7.1	再生 .....	128
7.7.2	清洗、清洁和灭菌工艺 .....	128
7.7.3	凝胶和柱的储存 .....	128
7.8	离子交换色谱的应用策略 .....	129
7.8.1	结合条件 .....	129
7.8.2	容量 .....	129
7.8.3	起始条件 .....	129
7.8.4	pH .....	130
7.8.5	离子强度 .....	130
7.8.6	上样 .....	130
7.8.7	洗脱 .....	130
7.8.8	梯度形状的选择 .....	131
7.8.9	流速 .....	131
7.8.10	缓冲液的配制 .....	132
7.8.11	规模放大 .....	132
7.9	应用实例 .....	133
7.9.1	酶 .....	133
7.9.2	免疫球蛋白 .....	133
7.9.3	核酸分离 .....	133
7.9.4	多肽和多核苷酸 .....	133
7.10	常见问题及其解决 .....	135
<b>第8章</b>	<b>亲和色谱(表 释)</b> .....	138
8.1	亲和色谱的动力学 .....	139
8.1.1	结合平衡: 非选择性洗脱 .....	139
8.1.2	结合平衡: 选择性洗脱或者竞争性洗脱 .....	140
8.1.3	竞争性洗脱的结果 .....	141
8.1.4	吸附和解吸附的动力学 .....	141
8.2	亲和色谱载体 .....	142
8.3	载体的处理 .....	143
8.3.1	载体的活化 .....	143

8.3.2	配体偶联 .....	143
8.3.3	间隔臂 .....	144
8.3.4	封闭 .....	144
8.4	洗脱策略 .....	144
8.4.1	洗脱方法的选择 .....	144
8.4.2	流速 .....	145
8.4.3	举例 .....	146
8.5	亲和色谱操作 .....	147
8.5.1	预处理 .....	147
8.5.2	柱的填充和制备 .....	148
8.5.3	上样注意事项 .....	148
8.5.4	洗涤 .....	149
8.5.5	洗脱 .....	149
8.6	亲和色谱存在的问题 .....	149
8.6.1	产物变性 .....	149
8.6.2	渗漏 .....	150
8.6.3	成本 .....	152
8.7	基质的选择 .....	152
8.7.1	配体的特性 .....	154
8.7.2	亲和吸附剂制备的评价 .....	154
<b>第9章</b>	<b>羟基磷灰石色谱 (袁辉 朱利民)</b> .....	<b>157</b>
9.1	原理 .....	158
9.1.1	蛋白质结合的机理 .....	158
9.1.2	洗脱行为 .....	158
9.1.3	保留时间和缓冲液 pH .....	159
9.1.4	BSA 和 IgG 结合容量 .....	159
9.2	方法的开发 .....	159
9.2.1	双梯度筛选 .....	159
9.2.2	增强抗体的溶解性 .....	159
9.2.3	优点 .....	159
9.3	特性 .....	160
9.3.1	羟基磷灰石的特性 .....	160
9.3.2	化学稳定性 .....	160
9.4	比较 .....	161
9.5	压降计算器 .....	162
9.6	柱填充: 中试和工艺柱 .....	163
9.7	应用案例 .....	164
9.7.1	抗肿瘤特异性杀伤 T 淋巴细胞抗原的纯化 .....	165
9.7.2	马 IgGT 抗蛇毒血清的纯化 .....	166
9.7.3	从转基因乳中纯化重组人 $\alpha 1$ 抗胰蛋白酶 .....	169

9.7.4	IgG 的纯化 .....	171
9.7.5	转基因 IgG 纯化 .....	173
<b>第 10 章</b>	<b>色谱聚焦 (张 玲)</b> .....	175
10.1	原理 .....	175
10.1.1	pH 梯度的形成 .....	175
10.1.2	聚焦介质的聚焦 .....	175
10.1.3	蛋白质的等电点与聚焦效应的关系 .....	175
10.1.4	解吸附效应 .....	176
10.2	色谱聚焦介质 .....	176
10.3	色谱聚焦缓冲液 .....	177
10.3.1	起始缓冲液 .....	177
10.3.2	样品缓冲液 .....	177
10.3.3	洗脱缓冲液 .....	177
10.4	色谱聚焦应用实例——昆虫谷胱甘肽 S-转移酶的分离纯化 .....	177
<b>第 11 章</b>	<b>逆流色谱 (张天佑)</b> .....	179
11.1	基础知识 .....	179
11.1.1	发展史 .....	179
11.1.2	逆流分溶法简介 .....	179
11.2	仪器——螺旋管行星式离心分离仪 .....	180
11.2.1	引言 .....	180
11.2.2	实现逆流过程的机制 .....	181
11.2.3	分离实例 .....	182
11.2.4	各个物理参数对分离效果的影响 .....	183
11.3	大分子蛋白质逆流色谱法 .....	186
11.3.1	引言 .....	186
11.3.2	聚合物水相系统的基本特征 .....	186
11.3.3	大分子在聚合物水相系统中的分配 .....	188
11.3.4	聚合物水相系统用于逆流分配 .....	192
11.3.5	正交轴逆流色谱仪 .....	192
11.3.6	正交轴逆流色谱法分离生物大分子 .....	196
11.4	结语 .....	200
附录	中国开展逆流色谱技术及应用研究的进程 .....	201
参考文献	.....	204

## 第 2 部分 分离纯化技术的应用

<b>第 12 章</b>	<b>膜蛋白的纯化策略 (李校堃 袁 辉 华子春)</b> .....	205
12.1	介绍 .....	205
12.2	保持催化活性的常用策略 .....	206
12.3	分离技术的选择 .....	206
12.4	选择蛋白质来源和细胞裂解的方式 .....	207

12.5	蛋白质活性实验	208
12.5.1	催化活性和其他特性测试	208
12.5.2	总蛋白质定量测试	209
12.6	膜蛋白的溶解和稳定	209
12.6.1	缓冲液的选择	209
12.6.2	去垢剂的选择	210
12.6.3	蛋白质稳定性和蛋白酶的抑制	213
	参考文献	214
<b>第13章</b>	<b>膜蛋白纯化中的色谱技术和基本操作 (李校堃 袁 辉 杨树林)</b>	<b>216</b>
13.1	介绍	216
13.2	溶解-沉淀	216
13.2.1	差分萃取	216
13.2.2	相分离和级分沉淀	218
13.2.3	离心	219
13.3	样品的富集、缓冲液体系的改变以及去垢剂的去除和交换	220
13.3.1	样品富集	220
13.3.2	缓冲液体系的改变	220
13.3.3	去垢剂的去除和交换	221
13.4	色谱技术	221
13.4.1	羟基磷灰石色谱	222
13.4.2	离子交换色谱	224
13.4.3	色谱聚焦	226
13.4.4	金属螯合色谱	229
13.4.5	亲和色谱	230
13.4.6	共价色谱	232
13.4.7	疏水作用色谱	233
13.4.8	凝胶过滤	233
	参考文献	235
<b>第14章</b>	<b>重组蛋白质的包涵体纯化 (张 玲)</b>	<b>237</b>
14.1	细胞破碎	237
14.2	包涵体表达与可溶性表达	238
14.2.1	增加可溶性表达的策略	238
14.2.2	药物蛋白以包涵体表达	238
14.3	包涵体复性	240
14.3.1	复性机理	240
14.3.2	复性过程中促复性添加剂	240
14.3.3	体外复性中应注意的操作参数	242
14.3.4	复性方法	242
14.3.5	复性蛋白质的检测技术	243
14.4	包涵体体外复性过程实例	244

实例 1 重组人尿激酶原体外复性 .....	244
实例 2 异源二聚体血小板衍生的生长因子的复性 .....	244
参考文献 .....	245
<b>第 15 章 植物蛋白质的分离纯化 (于荣敏)</b> .....	246
15.1 组织的选择 .....	246
15.2 组织破碎 .....	246
15.3 植物蛋白质纯化实例 .....	246
15.3.1 半夏蛋白的分离纯化 .....	247
15.3.2 从灵芝中提取生物活性肽 .....	247
15.3.3 植物超氧化物歧化酶的提取纯化 .....	249
实例 茶叶超氧化物歧化酶的制备 .....	249
15.3.4 木本植物蛋白质提取纯化 .....	249
参考文献 .....	250
<b>第 16 章 动物组织中的蛋白质纯化 (李校堃 袁 辉)</b> .....	251
16.1 组织的选择 .....	251
16.2 组织破碎 .....	251
16.3 蛋白质意外降解的防止 .....	252
16.4 亚细胞组分的分级分离 .....	253
实例 1 猪肾中亚细胞组分的分级分离 .....	253
实例 2 猪肾中微粒体膜组分粗品的分离 .....	254
实例 3 猪肾中微粒体膜组分的分离 .....	254
实例 4 猪血的成分分级 .....	255
16.5 膜蛋白的溶解 .....	255
实例 5 膜蛋白的溶解 .....	256
16.6 动物蛋白质纯化实例 .....	256
16.6.1 血管紧张肽转化酶的纯化 .....	256
实例 6 利用 Lisinopril-2.8nm-Sepharose 亲和纯化血管紧张肽转化酶 .....	257
16.6.2 氨基肽酶 P 的纯化 .....	258
实例 7 使用 DEAE-纤维素的大规模阴离子交换色谱 .....	259
实例 8 Alkyl-Superose 疏水相互作用色谱 .....	259
实例 9 Mono-Q 阴离子交换色谱 .....	260
16.6.3 果糖-1,6-二磷酸酶的纯化 .....	260
实例 10 果糖-1,6-二磷酸酶的纯化 .....	260
附录 处理未经筛选人组织的实验室规则 .....	261
参考文献 .....	261
<b>第 17 章 从乳中纯化蛋白质 (李校堃 袁 辉)</b> .....	263
17.1 介绍 .....	263
17.2 乳蛋白 .....	263
17.2.1 胶粒结构 .....	263
17.2.2 主要的乳蛋白 .....	264

17.3 制备和处理乳时应考虑的因素	266
17.3.1 乳的来源	266
17.3.2 蛋白质水解	267
17.3.3 溶解性	267
17.3.4 蛋白修饰	267
17.3.5 干燥和储存	267
17.4 乳蛋白的分离	268
17.4.1 酪蛋白和乳清蛋白的分离	268
实例 1 脱脂乳的制备	269
实例 2 酪蛋白沉淀	269
实例 3 利用溶解度差异分离各种酪蛋白	270
17.4.2 利用溶解度差异分离乳蛋白	270
实例 4 $\beta$ -LG 的盐析分离	270
17.5 色谱法分离纯化乳蛋白	271
17.5.1 离子交换色谱	271
实例 5 酪蛋白的阳离子交换色谱	272
17.5.2 大小排阻色谱法	273
实例 6 乳清蛋白的排阻色谱	274
17.5.3 亲和色谱	274
17.5.4 反相色谱	274
17.5.5 色谱聚焦	274
17.6 鉴定和纯度分析	275
17.6.1 聚丙烯酰胺凝胶电泳	275
实例 7 乳蛋白的 PAGE 分析	275
17.6.2 等电聚焦	277
17.6.3 毛细管电泳	277
17.6.4 分析色谱	277
17.6.5 质谱分析	278
17.7 进展	278
17.7.1 制备性电泳	278
17.7.2 微过滤和超滤	279
17.7.3 双水相分离	279

### 第 3 部分 蛋白质的保存与检测

第 18 章 蛋白质的保存和真空冷冻干燥 (袁 辉 郑效东)	280
18.1 蛋白质纯化后的保存	280
18.1.1 简介	280
18.1.2 物质	281
18.1.3 方法	281
18.2 真空冷冻干燥的原理与技术	288

18.2.1	冻干机的组成	288
18.2.2	冷冻干燥的程序	291
18.2.3	共熔点及其测量方法	292
18.2.4	产品的预冻	292
18.2.5	产品的第一阶段干燥	293
18.2.6	产品的第二阶段干燥	294
18.2.7	影响冻干过程的因素	295
18.2.8	冻干曲线和时序的制定	296
18.2.9	冻干的后处理	297
<b>第 19 章</b>	<b>蛋白质检测方法 (蔡绍晖 李校堃)</b>	<b>299</b>
19.1	凝胶直接染色	299
19.1.1	考马斯亮蓝染色	299
19.1.2	银染色法	300
19.1.3	试剂与溶液配方	303
19.2	印迹膜上蛋白质的染色	303
19.2.1	印度墨汁染色	304
19.2.2	胶体金染色	304
19.2.3	蛋白质染色的碱化法	305
19.2.4	试剂与溶液配方	305
19.3	免疫印迹与免疫检测	305
19.3.1	免疫印迹	305
19.3.2	免疫检测	310
19.3.3	显影反应	312
19.3.4	膜剥离和再利用	314
19.3.5	试剂和溶液配方	314
19.3.6	应用	316
19.3.7	关键技术问题	316
	参考文献	319
<b>第 20 章</b>	<b>等电聚焦 (李校堃 袁 辉 华子春)</b>	<b>321</b>
20.1	简介	321
20.2	材料	321
20.2.1	设备	321
20.2.2	耗材、化学试剂和溶液	321
20.3	方法	322
20.3.1	凝胶制备	322
20.3.2	加样	323
20.3.3	等电聚焦	324
20.3.4	蛋白质区带的检测	324
20.3.5	pH 梯度的测量	324
20.3.6	区带的收集	324

20.3.7 从载体两性电解质中分离蛋白质	324
20.4 注释	324
参考文献	325
<b>附录 1 蛋白质质量检定</b>	327
1-1 蛋白质含量测定	327
1-2 白蛋白(或免疫球蛋白)纯度测定(醋酸纤维素薄膜电泳法)	328
1-3 残留聚乙二醇(PEG)含量测定	329
1-4 人血白蛋白多聚体含量及人免疫球蛋白中 IgG 单体加二聚体含量测定(高压液相色谱法)	330
1-5 外源性 DNA 残留量测定	331
1-6 等电点测定	332
1-7 大肠杆菌菌体蛋白残留含量测定	335
1-8 肽图分析(胰蛋白酶裂解法)	336
1-9 紫外光谱测定	337
1-10 荚膜多糖抗原分子大小测定(琼脂糖 4B 柱色谱法)	337
1-11 免疫球蛋白类制品糖含量测定(高压液相色谱法)	338
1-12 O-乙酰基含量测定	339
1-13 核酸含量测定	340
1-14 核糖含量测定	340
1-15 氨苄青霉素残留量测定	341
1-16 聚山梨酯-80 残留量测定	342
1-17 pH 测定(电位法)	342
1-18 硫酸铵含量测定	343
1-19 氯化钠含量测定	343
1-20 钠离子含量测定(火焰光度法)	344
1-21 钾离子含量测定(火焰光度法)	344
1-22 游离甲醛测定	345
1-23 磷含量测定	346
1-24 费休(K. Fischer)水分测定	347
1-25 磷酸三丁酯残留量测定(气相色谱法)	348
1-26 硫柳汞及硝酸汞苯含量测定	349
1-27 氯仿含量测定	350
1-28 苯酚含量测定	351
1-29 氢氧化铝(或磷酸铝)含量测定	352
1-30 枸橼酸离子含量测定	352
1-31 亚硫酸氢钠含量测定	353
1-32 SDS-聚丙烯酰胺凝胶电泳	354
<b>附录 2 蛋白质的转换</b>	357
<b>附录 3 柱压的转换</b>	357
<b>附录 4 线性流速和体积流速的互换</b>	358



4-1 从线性流速到体积流速的换算 .....	358
4-2 从体积流速 (ml/min) 到线性流速 (cm/h) 的换算 .....	358
4-3 从体积流速 (ml/min) 到使用注射器的换算 .....	358
附录 5 氨基酸表 .....	359
附录 6 填柱 (适合于吸附色谱) .....	361
中文索引 .....	362
英文索引 .....	369