

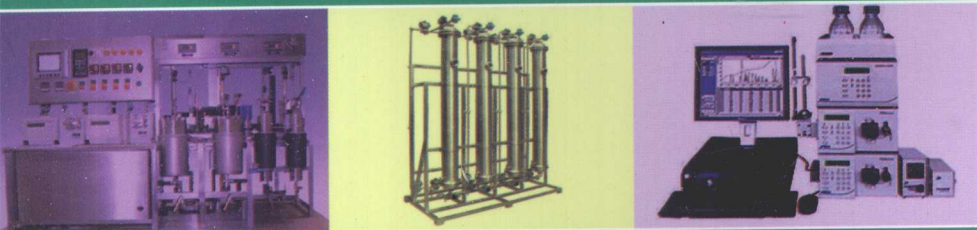


21世纪高等教育规划教材
生物学系列

生物产品分离纯化技术

SHENGWU CHANPIN FENLI CHUNHUA JISHU

■ 主编 李从军 罗世炜 汤文浩



教育部直属师范大学
华中师范大学出版社

SHENGWUXUE

生物产品分离纯化技术

主 编：李从军 罗世炜 汤文浩

副主编：陈 晗 谢爱娣 毕 宇 姚志恒

编 者：(以姓氏笔画为序)

万 莎 尹 利 方绪凤 付百玲

汤文浩 孙连连 毕 宇 李从军

吴艳明 吴 芬 陈 晗 罗世炜

姚志恒 饶漾萍 谢爱娣

华中师范大学出版社

内 容 提 要

生物产品分离纯化技术是生命科学研究和生物技术产品生产的必备技术手段,是生物产品能否产业化的关键。本书共分为 12 章,包括预处理技术、细胞破碎技术、固液分离技术、萃取技术、固相析出分离技术、吸附分离技术、色谱分离技术、膜分离技术、浓缩与干燥技术、生物产品生产质量管理规范等内容,以生物产品制备的一般工艺过程为主线,围绕生物产品分离纯化的基本内容、理论和技术,从概念、原理、方法和典型应用上对常用的生物产品分离纯化技术进行了系统阐述。章末针对性强的单元操作实训、生物产品生产质量管理规范以及生物产品分离纯化综合实训内容,便于学生加深对理论知识的理解和对行业的了解,提高专业技能和职业素养,为今后从事相关工作打下良好基础。

本书可供生物技术类及生物制药类专业作为教材使用,亦可作为相关专业技术人员的培训教材和参考书,对岗位技能训练、职业技能考核、职业资格证书考试等也有指导作用。

新出图证(鄂)字 10 号

图书在版编目(CIP)数据

生物产品分离纯化技术/李从军,罗世炜,汤文浩 主编。

—武汉:华中师范大学出版社,2009.8

ISBN 978-7-5622-3968-0

I. 生… II. ①李…②罗…③汤… III. ①生物制品—分离法(化学) ②生物制品—化学成分—提纯 IV. TQ 464

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 094459 号

生物产品分离纯化技术

主 编:李从军 罗世炜 汤文浩

选题策划:华中师范大学出版社第二编辑室

电话:027—67867362

出版发行:华中师范大学出版社©

地 址:武汉市武昌珞喻路 152 号

邮编:430079

销售电话:027—67863426 67863040 67867371 67861549 67867076

邮购电话:027—67861321

传真:027—67863291

网 址:<http://www.ccnapress.com>

电子信箱:hscbs@public.wh.hb.cn

责任编辑:肖 颖

责任校对:张晶晶

封面设计:罗明波

印 刷 者:武汉市新华印刷有限责任公司 督印:章光琼

开本/规格:787mm×960mm 1/16 印张:17.5

字数:340 千字

版次/印次:2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1—3 100

定 价:31.50 元

欢迎上网查询、购书

敬告读者:欢迎举报盗版,请打举报电话 027—67861321。

前 言

近年来,现代生物技术得到了突飞猛进的发展,为农牧业、食品工业、环境保护以及精细化工等产业提供了前所未有的发展动力,但要真正获得应有的社会效益和经济效益,生物技术必须实现产业化,而生物产品分离纯化的费用往往占总成本的很大比例,是生物高新技术实现产业化的关键和瓶颈。生物产品分离纯化技术是生物技术中的一门实用下游技术,人们越来越深刻地认识到它在生物技术中的重要地位和作用。它是从事生物产品生产必须掌握的基本技术之一,也是生物技术、生物制药专业的必修课程之一。

本书以实际生物产品制备的一般工艺过程为主线进行教学模块的编排,围绕生物产品分离纯化的基本内容、理论和技术,从概念、原理、方法和典型应用上对常用的生物产品分离纯化技术进行了系统阐述,包括预处理技术、细胞破碎技术、固液分离技术、萃取技术、固相析出分离技术、吸附分离技术、色谱分离技术、膜分离技术、浓缩与干燥技术、生物产品生产质量管理规范等内容,基本上涵盖了生物产品生产过程中涉及的各种分离纯化技术,并适当介绍了有关的新知识、新技术、新方法和新工艺。

为了适应高等院校教学的特点,对于基础理论贯彻“实用为主,必需、够用为度”的原则,密切结合专业实际和岗位需求,注重知识的应用和技能的培养。教材的编写力求内容准确、条理清晰、通俗易懂,为了增强学生学习的目的性、学习时效及方便归纳总结,培养学生分析问题和解决问题的能力,本书设立了学习目标、本章小结、思考题等模块。为了使理论教学与实践教学紧密联系,在每一章节末安排了针对性强的单元操作实训,学生通过实训操作可加深对理论知识的理解,做到理论和实践的结合与统一。教材最后安排了生物产品生产质量管理规范、生物产品分离纯化综合实训内容,使学生进一步加深对理论知识的理解和对行业的了解,通过综合实训的训练切实提高学生的专业技能和职业素养,为今后从事生物产品的分离纯化工作打下良好的基础。

本教材共12章,第1章由李从军(湖北生物科技职业学院)编写,第2章由孙连连(咸宁职业技术学院)编写,第3章由罗世炜(襄樊职业技术学院)编写,第4章由谢爱娣(湖北工业大学工程技术学院)编写,第5章由吴艳明(湖北生态工程职业技术学院)编写,第6章由姚志恒(荆州职业技术学院)编写,第7章由饶漾萍(咸宁职业技术学院)编写,第8章由尹利、方绪凤、万莎、吴



芬、李从军（湖北生物科技职业学院）编写，第9章由陈晗（荆楚理工学院）编写，第10章由毕宇（黄冈职业技术学院）编写，第11章由汤文浩（湖北生物科技职业学院）编写，第12章由汤文浩、李从军、付百玲（湖北生物科技职业学院）编写。

教材在编写过程中得到了各参编老师的大力支持。北京韦氏博慧色谱科技有限公司的韦新桂高级工程师对综合实训12.4的编写提出了宝贵的意见并馈赠了相关资料，在此深表感谢。本书的编辑出版得到了华中师范大学出版社严定友副总编辑、刘敏主任的大力支持，责任编辑肖颖对本书进行了精心的审稿加工，在此表示衷心的感谢。

本书的编写广泛参考和引用了众多专家、学者的著作和论文，限于篇幅不能一一列出，在此向原作者致以诚挚的谢意！

生物产品分离纯化技术是一门涉及面广、实践性强的综合性课程，鉴于编者水平有限，难免有不足和错漏之处，敬请各位专家、同行及广大读者批评指正，以便今后进一步修订、完善。

编者

2009年6月



1 绪论	1
1.1 生物分离纯化技术在生物技术中的地位和作用	1
1.2 生物产品分离纯化技术的发展史	3
1.3 生物产品分离纯化的一般工艺流程	4
1.4 生物分离纯化技术的发展前景	6
本章小结	9
思考题	9
2 预处理技术	10
2.1 固态物料预处理	11
2.1.1 组织与细胞的破碎	11
2.1.2 制备丙酮粉	12
2.2 液态物料预处理	12
2.2.1 处理性能的改善	12
2.2.2 部分杂质的去除	15
本章小结	16
思考题	16
实训操作 1, 3-丙二醇发酵液的絮凝处理	16
3 细胞破碎技术	21
3.1 细胞壁的成分、结构与细胞破碎的关系	21
3.1.1 不同细胞细胞壁的成分与结构	21
3.1.2 细胞壁的成分、结构与细胞破碎	23
3.2 常用的细胞破碎方法	23
3.2.1 机械破碎法	23
3.2.2 酶溶法	27
3.2.3 化学渗透法	27
3.2.4 其他方法	28
3.3 细胞破碎效果的评价及细胞破碎技术的研究发展方向	29
3.3.1 细胞破碎效果的评价	29



3.3.2 细胞破碎技术的研究发展方向	30
3.4 各种细胞破碎方法的评述及选择依据	31
本章小结	32
思考题	32
实训操作 酵母细胞的破碎及破碎效果的评价	32
4 固液分离技术	35
4.1 过滤	36
4.1.1 常规过滤	36
4.1.2 错流过滤	38
4.1.3 影响过滤效果的因素及控制	39
4.1.4 过滤在生物技术中的应用	40
4.2 沉降和离心分离	41
4.2.1 颗粒沉降的基本原理	41
4.2.2 重力沉降	41
4.2.3 离心沉降	42
4.2.4 超离心	44
本章小结	48
思考题	48
实训操作 4-1 过滤操作及过滤速度的测定	49
实训操作 4-2 离心机的使用及酵母菌体的分离	50
5 萃取技术	53
5.1 固体浸取技术	54
5.1.1 浸取机理和影响因素	54
5.1.2 浸取方法	55
5.1.3 加速提取的措施	56
5.1.4 浸取设备	57
5.2 溶剂萃取技术	57
5.2.1 溶剂萃取的基本原理	57
5.2.2 溶剂萃取工艺流程	58
5.2.3 影响溶剂萃取的主要因素	60
5.2.4 萃取设备及其选择	62
5.3 超临界流体萃取技术	63
5.3.1 超临界流体萃取的基本原理	64
5.3.2 超临界流体萃取工艺流程	65



5.3.3 影响超临界流体萃取的因素	66
5.3.4 超临界流体萃取技术的应用	68
5.4 其他萃取技术	70
5.4.1 双水相萃取技术	70
5.4.2 反胶团萃取技术	73
5.4.3 超声波和微波萃取技术	75
5.4.4 固相微萃取技术	77
本章小结	78
思考题	79
实训操作 5-1 黄酮类物质的浸取	79
实训操作 5-2 有机溶剂萃取青霉素及其萃取率计算	81
实训操作 5-3 超临界 CO ₂ 萃取大豆油	82
6 固相析出分离技术	85
6.1 盐析法	85
6.1.1 盐析法的基本原理	86
6.1.2 盐析用盐的选择	86
6.1.3 影响盐析效果的因素	88
6.1.4 盐析操作方法	89
6.2 有机溶剂沉淀法	91
6.2.1 有机溶剂沉淀法的基本原理	91
6.2.2 有机溶剂的选择	91
6.2.3 影响有机溶剂沉淀效果的因素	93
6.2.4 有机溶剂沉淀操作方法	94
6.3 其他沉淀法	95
6.3.1 等电点沉淀法	95
6.3.2 水溶性非离子型聚合物沉淀法	96
6.3.3 成盐沉淀法	97
6.4 结晶法	98
6.4.1 结晶的基本原理	98
6.4.2 结晶的基本过程	98
6.4.3 影响晶体析出的因素及控制	100
6.4.4 结晶的操作方法	102
6.4.5 结晶技术的应用	103
本章小结	103



思考题	104
实训操作 6-1 盐析法沉淀动物血清 IgG 蛋白	104
实训操作 6-2 丙酮-石油醚法重结晶辣椒红色素	105
7 吸附分离技术	107
7.1 吸附过程的理论基础和常用的吸附剂	107
7.1.1 基本概念及原理	107
7.1.2 几种常用的吸附剂及其性能	108
7.2 吸附操作方法	113
7.3 影响吸附分离效果的因素	115
7.4 大孔吸附树脂	116
本章小结	120
思考题	120
实训操作 7-1 活性炭吸附操作	121
实训操作 7-2 大孔吸附树脂提取葛根素	123
8 色谱分离技术	125
8.1 吸附色谱法	128
8.1.1 吸附色谱法的基本原理	128
8.1.2 吸附色谱介质	129
8.1.3 吸附色谱操作方法	130
8.1.4 影响吸附色谱分离效果的因素	133
8.1.5 吸附色谱的应用	133
8.2 分配色谱法	134
8.2.1 分配色谱法的基本原理	134
8.2.2 分配色谱介质	134
8.2.3 分配色谱操作方法	136
8.2.4 分配色谱的应用	136
8.3 离子交换色谱法	137
8.3.1 离子交换色谱法的基本原理	137
8.3.2 离子交换色谱介质	138
8.3.3 离子交换色谱操作方法	142
8.3.4 影响离子交换色谱分离效果的因素	144
8.3.5 离子交换色谱的应用	146
8.4 凝胶色谱法	147
8.4.1 凝胶色谱法的基本原理	147



8.4.2 凝胶色谱介质	148
8.4.3 凝胶色谱操作方法	152
8.4.4 影响凝胶色谱分离效果的因素	155
8.4.5 凝胶色谱法的应用	155
8.5 纸色谱法和薄层色谱法	157
8.5.1 纸色谱法	157
8.5.2 薄层色谱法	160
8.6 高效液相色谱法	166
8.6.1 高效液相色谱法的基本原理	167
8.6.2 高效液相色谱分离介质	167
8.6.3 高效液相色谱操作方法	169
8.6.4 影响高效液相色谱分离效果的因素	170
8.6.5 高效液相色谱法的应用	171
8.7 其他色谱法	172
8.7.1 亲和色谱	172
8.7.2 疏水色谱	173
8.7.3 共价色谱	175
本章小结	176
思考题	176
实训操作 8-1 离子交换色谱法分离氨基酸	177
实训操作 8-2 凝胶色谱法分离纯化蛋白质	179
实训操作 8-3 纸色谱法分离及鉴定氨基酸	181
实训操作 8-4 薄层色谱法分离糖类物质	182
实训操作 8-5 高效液相色谱法测定复方磺胺甲唑片中的磺胺甲恶唑 (SMZ) 和甲氧苄啶 (TMP)	184
9 膜分离技术	186
9.1 膜和膜组件	188
9.1.1 膜的基本性能	188
9.1.2 膜组件	189
9.2 影响膜过滤的因素	191
9.2.1 浓差极化的影响	192
9.2.2 压力和温度的影响	193
9.2.3 膜结构的影响	193
9.2.4 pH 的影响	193



9.2.5 溶液中盐浓度的影响	193
9.3 膜污染及控制	194
9.3.1 膜污染的原因	194
9.3.2 膜的清洗方法	194
9.3.3 膜污染的预防	196
9.3.4 膜的消毒与保存	196
9.4 膜分离工艺流程	196
9.4.1 操作方式	196
9.4.2 设备及原理	198
9.4.3 操作注意事项	199
9.5 各种膜分离技术的应用	199
9.5.1 反渗透	200
9.5.2 超滤	201
9.5.3 微滤	202
9.5.4 纳滤	203
9.5.5 透析	204
9.5.6 电渗析	205
9.5.7 液膜	206
本章小结	207
思考题	207
实训操作 9-1 蛋白质的透析	207
实训操作 9-2 超滤法分离明胶蛋白水溶液	209
10 浓缩与干燥技术	212
10.1 浓缩	212
10.1.1 基本原理	212
10.1.2 常用浓缩方法	212
10.1.3 浓缩技术的应用	214
10.2 干燥	214
10.2.1 基本原理	214
10.2.2 常用干燥方法	215
本章小结	219
思考题	219
实训操作 10-1 茶叶中茶多酚的提取	219
实训操作 10-2 干燥特性曲线测定实验	221



11 生物产品生产质量管理规范	225
11.1 GMP 概述	225
11.1.1 GMP 的概念及其发展过程	225
11.1.2 GMP 分类	227
11.1.3 GMP 的主要特点	227
11.2 GMP 的主要内容	228
11.2.1 GMP 的三大目标要素	228
11.2.2 GMP 的具体内容	229
11.3 GMP 认证	238
11.3.1 我国 GMP 认证相关规定	238
11.3.2 GMP 认证工作程序和检查评定标准	239
11.3.3 GMP 认证的意义	239
本章小结	240
思考题	240
12 生物产品分离纯化综合实训	241
12.1 豆粕中大豆异黄酮超临界 CO ₂ 萃取工艺条件设计	241
12.2 毛发水解液中 L-精氨酸的提取精制	245
12.3 鸡蛋清中溶菌酶的制备	249
12.4 质粒 DNA 疫苗的分离纯化	256
12.5 生物产品分离纯化过程分析及设计——青霉素分离纯化工艺	261
参考文献	265



1 绪 论

✱ 知识目标

- ✧ 了解分离纯化的概念及其在生物技术中的地位和作用。
- ✧ 掌握生物产品分离纯化的一般工艺流程。
- ✧ 了解生物产品分离纯化技术的发展方向。



混合物中各组分的分离是化学科学中的一项重要内容，但某些经典的化学分离方法如蒸馏、熔炼等，对具有特殊生物活性物质的分离是不适合的。许多生物活性物质如蛋白质、酶、核酸等的分离已给经典的化学分离方法带来了新的课题，并有力地推动了化学分离技术向另一分支——生物分离纯化技术发展。

由生物界自然产生的或由微生物菌体发酵、动植物细胞组织培养、酶反应等各种生物工业生产过程获得的生物原料，经提取、分离、加工并精制目的成分，最终使其成为产品的技术，通常称为生物分离纯化技术。生物分离纯化技术是生物技术转化为生产力时所不可缺少的重要环节，它的进步对于保持和提高各国在生物技术领域内的经济竞争力是至关重要的。为表明其在生物技术中的重要地位和作用，常称它为生物技术下游加工过程，也称为下游技术或下游工程。

随着生物技术成果的不断积累和生物技术产业化进程的不断推进，生物分离纯化技术正日益受到普遍重视，其研究开发也随之变得活跃并得到加强。

1.1 生物分离纯化技术在生物技术中的地位和作用

1986年，《中国生物技术政策纲要》曾将生物技术定义为：以现代生命科学为基础，结合先进的工程技术手段和其他基础学科的科学原理，按照预先的设计改造生物体或加工生物原料，为人类生产出所需新产品或达到某种目的。“先进的工程技术手段”指基因工程、酶工程、细胞工程、发酵工程等新技术；“生物体”包括动物、植物、微生物品系；“生物原料”包括生物体的一部分或生物生活过程中所能利用的物质，诸如各种有机物、某些无机物乃至矿物；“为人类生



产出所需新产品”则包括粮食、医药、食品、能源、化工原料、金属及其他材料等；而“某种目的”则包括疾病预防、诊断与治疗，环境污染物监测、环境污染治理与控制、环境修复等。生物技术在形成产品过程中，按其技术分类，通常分为上游、中游、下游三个阶段。上游主要包括基因重组、杂交瘤技术和新型菌株（细胞株）构建方面的研究及开发工作，中游主要包括菌株的发酵与细胞的大量培养等方面的研究开发，下游主要包括产物的分离纯化和后处理加工工程等方面的研究开发。生物技术上、中、下游的关系如图 1-1 所示。

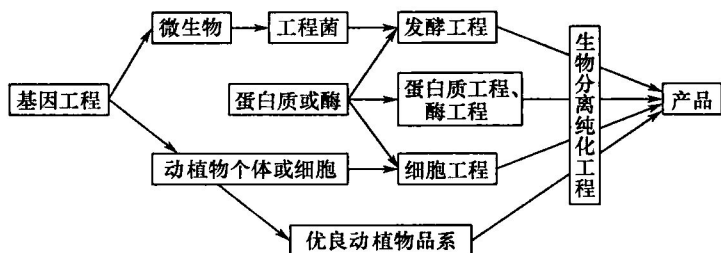


图 1-1 生物技术五大工程与下游技术的关系

中、下游是生物技术与化学工程等多学科发展与结合的产物，渗透了生物学、化学、医药学、工程学等许多学科领域。上游是基础，下游是支撑，实现生物技术产品商品化和产业化，必须上、下游结合，优先发展支撑技术。近十几年来，我国的生物分离纯化技术已经取得了令人鼓舞的发展，某些局部上也有了一定的突破。但长期以来，我国生物技术界存在着“上游靠自己，下游靠引进”的发展思想，对生物技术产品产业化所必需的下游分离纯化技术和设备的研究开发重视不够，生物技术的支撑技术及产业培育、发展不够，投入也严重不足。上、下游的研究开发比例，国外是 3：7，而我国是 7：3，这是极不协调的，在很大程度上影响和限制了产业化步伐。上游培养菌种水平很高，但下游分离纯化技术及设备跟不上，仍无法进行工业化生产。

生物分离纯化的目的是从微生物发酵液、酶反应产物、动植物细胞培养物或生物体本身中分离纯化对人类有用的、符合质量要求的各种生物产品。生物产品的生产不同于一般的化学产品的生产，生物产品的分离纯化具有生物学的特点，因此有其特殊的要求。例如，生物合成的发酵液（或反应液）是很复杂的多相体系，它含有微生物细胞、代谢产物、未用完的培养基等，杂质含量较高；有的还具有非常相似的化学结构及理化性能；有的为生物活性物质，极不稳定，遇热或遇某些化学试剂极易失活或分解；有的要求无菌操作等，而最后的产品通常都是要求高纯度的。要从复杂的混合体系中获得高质量并符合使用要求的产品，唯有经过分离纯化等下游加工过程。因此，产品的分离纯化是生物技术工业化的必需手段，具有不可取代的作用。



此外,生物产品在原始溶液(发酵液、培养液、天然原料经粗分离而得到的溶液等)中的含量一般都很低,除酒精等发酵产物浓度在10%以上外,其他的都在10%以下,如氨基酸为1%~5%,抗生素为0.1%~3%,工业酶为0.01%~0.1%,单克隆抗体为 10^{-4} ~ 10^{-2} 数量级,而医疗用酶只有 10^{-9} 左右。通常产品的成本和售价同产物的原始浓度成反比(如图1-2)。据各种资料统计,后处理的费用要占产品总成本的很大比例,按产品不同,在40%~70%之间。对有机酸或氨基酸生产而言,其提炼部分的投资费用约为发酵部分的1.5倍;对抗生素生产而言,约为4倍;对基因工程药物而言,分离纯化技术的要求更高,可占整个生产费用的80%~90%。显然,开发新的分离纯化工艺是提高经济效益或减少投资的重要途径。不少生物产品由于没有开发出技术上先进、经济上可行的提取方法或提取收率太低、成本过高而不能投产。因此,分离纯化技术已成为生物技术产品是否符合质量标准、能否产业化进入市场的关键技术环节。

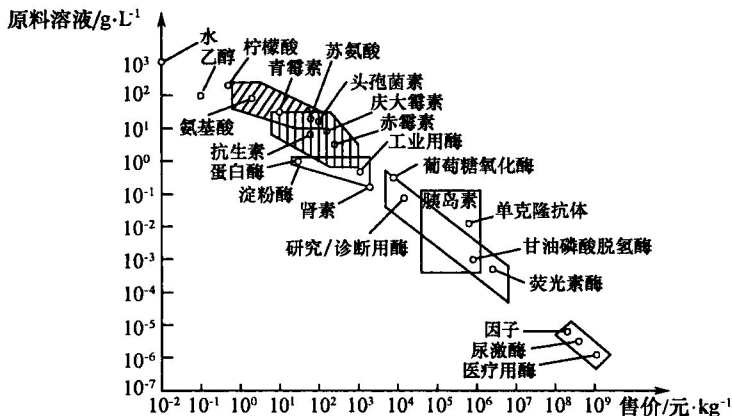


图 1-2 产品浓度、分离成本和价值的关系

总之,生物技术的主要目标是生物物质的高效生产,而生物技术产品原料的特点对下游加工过程提出了特殊的要求。生物物质的分离纯化是生命科学研究和生物技术产品生产的必备技术手段,是生物产品能否产业化的关键。生物技术产业没有下游加工过程的配套就不可能有工业化的结果,没有下游加工过程的进步就不可能有工业化的经济效益。

1.2 生物产品分离纯化技术的发展史

生物学科的发展日新月异,基因工程、动植物细胞培养、传统发酵工程和酶工程等新技术、新产品层出不穷,这些新产品的获得均离不开各种分离手段的应用。随着对产品纯度和质量愈来愈高的要求以及科学技术的发展,分离纯化技术



也不断得到发展。

1. 古代酿造业

古代酿造业包括酿酒,制酱(油)、醋、酸奶和干酪等,技术原始,多属家庭式作坊,产物基本不经过后处理而直接使用,基本无下游技术。

2. 第一代生物技术

主要指 19 世纪 60 年代—20 世纪 40 年代青霉素等抗生素出现之前的生物技术产业。这期间发现了发酵的本质是微生物的作用,掌握了纯种培养技术,生物技术进入近代酿造产业的发展阶段。到 20 世纪上半叶,逐渐开发形成了发酵法生产酒精、丙酮、丁醇等微生物发酵工业(主要是厌氧发酵),其产品相对简单,基本上是无活性的小分子。此时开始引入过滤、蒸馏、精馏等近代分离技术。

3. 第二代生物技术

以 20 世纪 40 年代出现的青霉素产品分离纯化技术为代表。开发了无菌空气制备技术、大型好氧发酵装置,一大批通风发酵技术产品相继投入了工业生产,如抗生素(如链霉素)、氨基酸(如谷氨酸)、有机酸(如柠檬酸)、酶制剂(如淀粉酶)、微生物多糖和单细胞蛋白等。产品多样性决定了分离方法的多样性。此阶段借鉴和引进吸收了大量近代化学工业的分离技术,如沉淀、离子交换、萃取、结晶等。

4. 第三代生物技术

以 20 世纪 70 年代末崛起的 DNA 重组技术及细胞融合技术为代表。生物技术在其主要领域(如基因工程、酶工程、细胞工程和微生物发酵工程)取得了长足进步,一批高附加值的产品(如乙肝疫苗、干扰素等)开始面世。20 世纪 80 年代发现了一大批生理功能性物质,如活性多糖质、活性肽、高度不饱和脂肪酸等,生物技术在深度和广度上都取得了很大的进展。新技术有超临界 CO_2 萃取技术、膜过滤技术、渗透蒸发技术、各种色谱(层析)技术等。

1.3 生物产品分离纯化的一般工艺流程

1. 生物材料的来源及选择

生物产品的种类繁多,如氨基酸及其衍生物、蛋白质、酶、核酸、多糖、脂类等。各种生物物质主要来源于它们广泛存在的生物资源中,包括天然的生物体及其器官、组织以及利用现代生物技术改造的生物体等,归纳起来主要有以下几种:

① 植物器官及组织

植物器官及组织中含有很多活性成分,我国药用植物种类繁多,从天然植物材料中寻找和提取有效生物药物已逐渐引起重视,品种逐年增加。此外,转基因植物可产生大量的以传统方式难以获得的生物物质。



② 动物器官及组织

以动物器官和组织为原料可制备多种生物制品，从海洋生物的器官和组织中获取生物活性物质是目前研究的热点和重要的发展趋势。

③ 血液、分泌物及其他代谢物

人和动物的血液、尿液、乳汁，以及胆汁、蛇毒等其他分泌物与代谢产物也是生物物质的重要来源。

④ 微生物及其代谢产物

微生物种类繁多，其代谢产物有 1300 多种，应用前景广泛。以微生物为资源，除了可生产初级代谢产物如氨基酸、维生素外，还可生产许多次级代谢产物如抗生素等。

⑤ 动植物细胞培养产物

细胞培养技术的发展使得从动物细胞、植物细胞中获得有较高应用价值的生物物质成为可能，且发展迅速，前景广阔。

选择生物材料主要根据实验的目的而定。从工业生产角度来考虑，首先是材料来源丰富、含量高、成本低。有时材料来源丰富但含量不高，或者材料来源、含量都很理想，但材料中杂质太多，分离纯化手续十分烦琐，以致影响质量和收率，反不如含量低些但易于操作获得纯品者。因此，必须根据具体情况，抓住主要矛盾而决定取舍。如果为了科学实验和某种特殊需要，例如从某种材料或某一生物品种中寻找某种未知物质，选材时则无需全面考虑上述问题，只要能达到实验目的即可。

2. 分离纯化的一般工艺流程

由于工业生物技术产品众多，原料广泛，性质多样，用途各异，且对产品质量与纯度的要求也可以是多方面的，因而其分离纯化技术、生产工艺及相关装备也是多种多样的。大多数生物产品的分离纯化过程按生产过程的顺序大致可分为四个类似步骤，即预处理与固液分离、提取（初步纯化）、精制（高度纯化）和成品制作，具体流程见图 1-3。

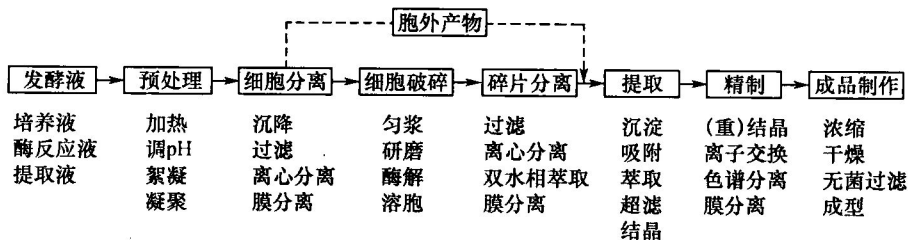


图 1-3 生物产品分离纯化一般工艺流程及各阶段的单元操作