



TIANRAN

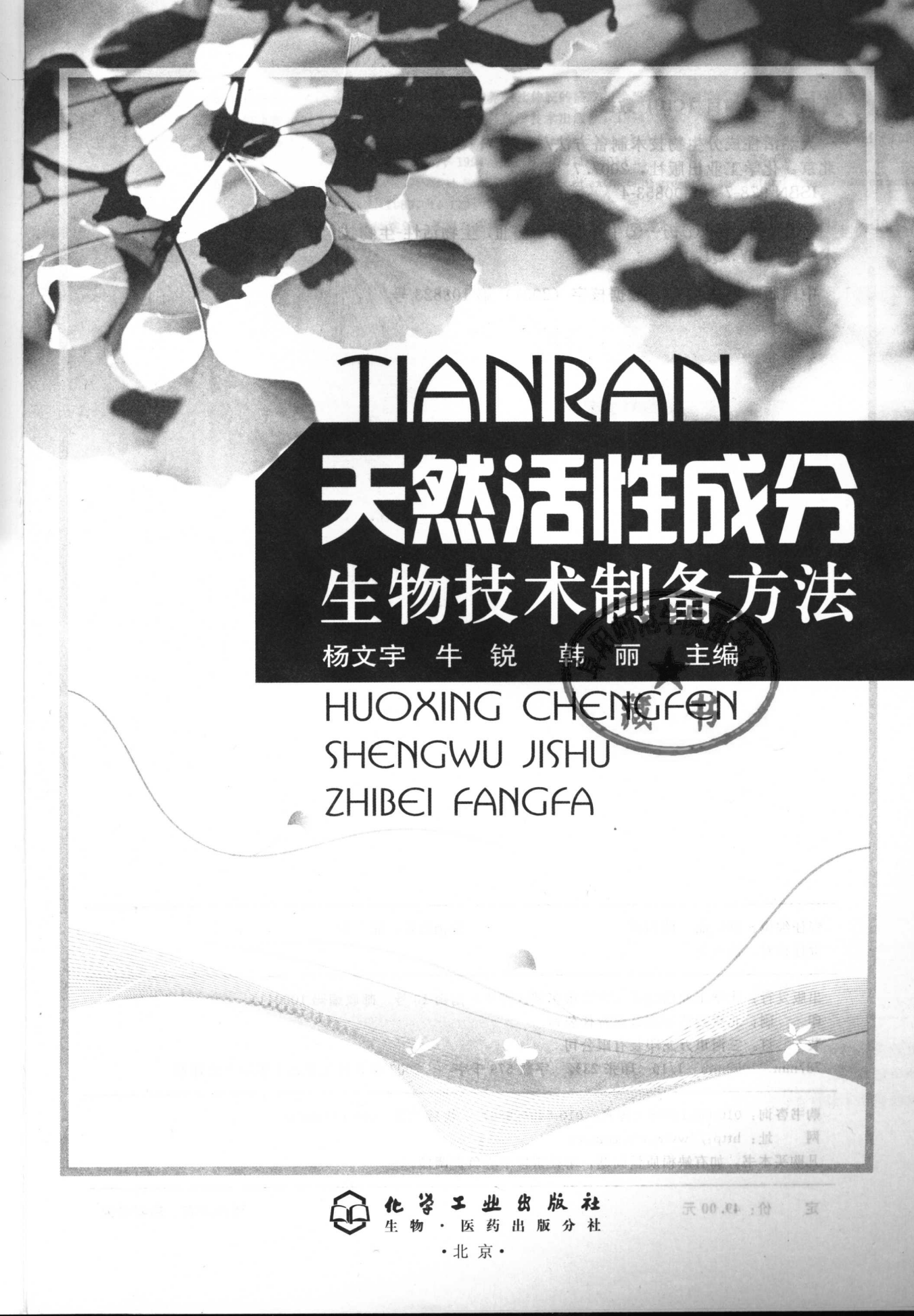
天然活性成分 生物技术制备方法

杨文字 牛 锐 韩 丽 主编

HUOXING CHENGFEN
SHENGWU JISHU
ZHIBEI FANGFA



化学工业出版社
生物·医药出版分社



TIANRAN

天然活性成分 生物技术制备方法

杨文字 牛 锐 韩 丽 主编

HUOXING CHENG FEN
SHENGWU JISHU
ZHIBEI FANGFA



化学工业出版社
生物·医药出版分社

·北京·

定价: 40.00元

图书在版编目 (CIP) 数据

天然活性成分生物技术制备方法/杨文字, 牛锐, 韩丽主编.
北京: 化学工业出版社, 2007. 7
ISBN 978-7-122-00853-4

I. 天… II. ①杨…②牛…③韩… III. 生物活性-生物技术-制备 IV. Q1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 108823 号

责任编辑: 麻雪丽 傅四周
责任校对: 凌亚男

装帧设计: 张 辉

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京云浩印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 23 1/4 字数 579 千字 2007 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 49.00 元

版权所有 违者必究

编写人员名单

主 编 杨文字 牛 锐 韩 丽

副主编 罗海燕 黄映红 黄少伟

编写人员名单（按姓氏笔画排列）

牛 锐	成都尚科药业有限公司
叶 强	成都中医药大学
严 冬	成都尚科药业有限公司
李 颖	成都中医药大学
杨文字	西华大学、成都中医药大学
杨荣平	重庆市中药研究院
张小梅	重庆市中药研究院
罗海燕	海南医学院
钟 华	成都中医药大学
黄少伟	成都尚科药业有限公司
黄映红	成都中医药大学
黄媛莉	成都中医药大学
黄勤挽	成都中医药大学
盛 琳	海南医学院
韩 丽	成都中医药大学
雷泞菲	成都理工大学
主 审	万德光

前 言

自 20 世纪后半叶以来,随着天然药物化学的迅速发展,科学家们已从自然界中发现并开发了大量的天然活性成分,其中,不乏来源于资源蕴藏量小甚至日渐濒危的物种的活性化合物。例如抗癌药物紫杉醇,长期以来,其原料主要是从红豆杉科、粗榧科等植物中提取,野生资源已近枯竭;1996 年,红豆杉属及榧属所有种均被列入《国家重点保护野生植物名录》(第一批)Ⅱ级保护范围,因此,目前紫杉醇主要得自于人工栽培的中国红豆杉(*Taxus chinensis*)等植物;但是,红豆杉科植物属于裸子植物,人工栽培周期较长,另一方面,植物中紫杉醇的含量很低(如中国红豆杉的叶中含量仅约为 2×10^{-6}),所以,紫杉醇的供需矛盾日益突出。与此相似,不少天然药物资源由于被过度开发,近年来,药用自然资源的生物多样性危机已愈来愈引起人们的重视。

近 30 年来,生物技术的兴起,使得人们不依靠药用自然资源而获得天然活性成分成为可能。今天,有关利用植物组织/细胞培养、植物发根、基因工程、酶工程和蛋白质工程等生物技术获取天然活性成分的研究已开展得十分广泛和深入,并且不少技术已得到工业化应用。例如,迄今已进行组织培养或细胞培养的药用植物多达 200 余种,紫草、人参、曼陀罗、颠茄、长春花、丹参、黄芪、甘草、绞股蓝、青蒿等十几种中药已建立了发根培养系统,紫草细胞培养生产的紫草红色素、人参发根生产的人参皂苷已开发出商品上市。我国是世界上天然药物资源最丰富的国家,同时亦是使用和出口天然药物最多的国家,由于一些资源被过度利用,我国的药用自然资源的生物多样性危机已相当严重;因此,利用生物技术生产药用动植物的次级代谢产物,将是保护资源和生态环境的有效途径之一。

现代有关天然活性成分的生物技术研究十分活跃,及时对这些研究成果进行总结、利用和发掘是十分必要的。现在,关于介绍生物技术在天然药物领域应用的书籍已较多,但是,以天然活性成分为线索,系统阐述各种结构类型活性成分的生物技术制备方法的专著则未见出版;本书对此进行尝试,希望能抛砖引玉,激发我国学者的研究热情,以促进该领域的发展。

全书共 12 章,大体分为两部分:前两章介绍天然活性成分的资源、结构类型、生物合成途径及生物技术制备方法的现状,并介绍了生物技术的基本理论及应用;后 10 章按天然活性成分的结构类型分别进行阐述,包括生物碱、黄酮、皂苷、醌/酮、萜、香豆素与木脂素、多糖、氨基酸/肽/蛋白质、一些结构简单的苷(苷元)以及油脂、有机酸等结构类型,着重介绍各类具体成分基本的生物技术制备方法及相关研究成果,并力图反映最新的研究进展,以供读者参考。

本书在编写过程中,参考了大量的国内外学术期刊文章和硕士、博士学位论文,在此,对这些原文作者致以深深的敬意和诚挚的感谢!

由于编者水平有限,且时间仓促,书中疏漏不当之处在所难免,敬请各位读者不吝赐教,提出宝贵意见,以使本书可以进一步完善和提高。

编者

2006 年 10 月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 天然活性成分的来源	1
1.1.1 天然活性成分的生物来源	1
1.1.2 从中药、民族药中发现天然活性成分	4
1.2 天然活性成分的资源现状	6
1.2.1 中国药用自然资源的现状	6
1.2.2 解决中国药用自然资源生物多样性危机的办法	7
1.3 天然活性成分的结构类型及生物合成途径	7
1.3.1 天然活性成分的化学结构类型	7
1.3.2 天然活性成分的生物合成途径	15
1.4 生物技术方法制备天然活性成分的概况及发展趋势	23
1.4.1 天然活性成分的传统制备方法和现代制备方法	23
1.4.2 生物技术方法制备天然活性成分的概况	25
1.4.3 生物技术方法制备天然活性成分的发展趋势	26
参考文献	28
第2章 生物技术基础	29
2.1 基因工程原理	29
2.1.1 基因工程的含义	29
2.1.2 核酸的结构、性质与功能	30
2.1.3 基因工程工具酶	33
2.1.4 基因工程常用载体	38
2.1.5 基因工程的基本过程	43
2.2 细胞工程原理	48
2.2.1 细胞工程的基础知识与技术	48
2.2.2 植物细胞工程原理	50
2.3 发酵工程原理	59
2.3.1 发酵工程的内容及特点	59
2.3.2 发酵工程的类型	59
2.3.3 微生物发酵的基本过程	61
2.3.4 发酵产物的分离提取	65
2.4 酶工程与蛋白质工程原理	65
2.4.1 酶工程基础	65
2.4.2 蛋白质工程概述	67
参考文献	68

第3章 生物碱类成分	70
3.1 概述	70
3.1.1 生物碱的含义与来源	70
3.1.2 植物细胞培养物合成生物碱类化合物的影响因素	70
3.2 小檗碱类	71
3.2.1 引言	71
3.2.2 小檗碱的生物合成途径	72
3.2.3 黄连的组织培养	72
3.2.4 粉叶小檗的组织培养	74
3.2.5 红叶小檗的组织培养	76
3.2.6 古藜野连的二步悬浮培养	77
3.3 长春花生物碱类	77
3.3.1 引言	77
3.3.2 长春花生物碱的生物合成途径	78
3.3.3 长春花的组织培养	79
3.3.4 长春花冠瘿细胞和长春花发根的培养	83
3.3.5 小蔓长春花的组织培养	85
3.4 喜树生物碱类	86
3.4.1 引言	86
3.4.2 喜树生物碱的生物合成途径及相关酶	86
3.4.3 喜树的组织培养	87
3.5 贝母碱类	93
3.5.1 引言	93
3.5.2 中药川贝母的组织培养	94
3.5.3 浙贝母的细胞工程	97
3.5.4 湖北贝母的组织培养	100
3.5.5 平贝母的细胞工程	101
3.5.6 伊贝母的组织培养	103
3.6 罂粟生物碱类	106
3.6.1 引言	106
3.6.2 罂粟生物碱类的生物合成途径	107
3.6.3 罂粟的细胞工程	108
3.6.4 野罂粟的细胞工程	111
3.6.5 大红罂粟的细胞培养	114
3.6.6 伪东方罂粟愈伤组织细胞的诱导	114
3.7 麻黄碱类	115
3.7.1 引言	115
3.7.2 麻黄碱类化合物的生物合成途径	116
3.7.3 草麻黄的细胞工程	116
3.7.4 中麻黄的细胞工程	118
3.7.5 蓝麻黄的组织培养	120

3.7.6	麻黄冠瘿瘤细胞 ZHA-2 的诱导	120
3.7.7	用大规模培养的麻黄细胞培养物作原料生产麻黄碱的方法	121
3.7.8	麻黄生物碱的半生物合成	122
3.8	乌头生物碱类	124
3.8.1	引言	124
3.8.2	乌头碱类的生物合成途径	127
3.8.3	乌头的组织培养	128
3.8.4	黄花草乌头的组织培养	129
3.8.5	宣威乌头的组织培养	130
3.9	石斛生物碱类	131
3.9.1	引言	131
3.9.2	石斛生物碱的生物合成途径	134
3.9.3	铁皮石斛拟原球茎生物碱的积累	134
3.9.4	金钗石斛的快速繁殖与生物碱的积累	135
3.9.5	细茎石斛的组织培养和提高拟原球茎有效成分含量的研究	136
3.9.6	环草石斛的快速繁殖及其愈伤组织次级代谢产物积累特征的研究	137
3.10	半夏生物碱	137
3.10.1	引言	137
3.10.2	半夏组织培养积累生物碱	138
3.11	莨菪烷类生物碱	140
3.11.1	引言	140
3.11.2	莨菪烷类生物碱的生物合成	141
3.11.3	三分三组织培养生产莨菪生物碱	141
3.11.4	唐古特山莨菪发根培养合成东莨菪碱	144
3.11.5	赛莨菪发根培养合成莨菪碱和东莨菪碱	144
3.11.6	白花曼陀罗悬浮培养细胞合成莨菪生物碱	144
3.12	麦角生物碱类	145
3.12.1	引言	145
3.12.2	麦角生物碱的生物合成途径	146
3.12.3	麦角隐亭的发酵工程制备方法	147
3.12.4	其他麦角酰胺型生物碱的发酵工程制备方法	149
3.13	三尖杉生物碱	151
3.13.1	引言	151
3.13.2	三尖杉碱的生物合成途径	152
3.13.3	三尖杉的组织培养	153
3.13.4	海南粗榧的组织培养	154
3.14	延胡索生物碱	155
3.14.1	引言	155
3.14.2	延胡索的组织培养及生物碱的积累	155
3.14.3	齿瓣延胡索组织培养积累延胡索乙素	156
3.14.4	灰绿黄堇的培养	157

参考文献	157
第4章 黄酮类成分	165
4.1 概述	165
4.1.1 植物细胞培养合成的黄酮类化合物	165
4.1.2 各种培养条件对植物细胞培养物合成黄酮类化合物的影响	165
4.1.3 植物细胞培养方法	168
4.1.4 高产细胞系的筛选	168
4.2 银杏黄酮	168
4.2.1 引言	168
4.2.2 培养方法	169
4.2.3 影响愈伤组织培养的因素	170
4.3 葛根异黄酮	172
4.3.1 引言	172
4.3.2 组织培养和植株再生	173
4.3.3 影响野葛幼叶悬浮细胞生长的因素	173
4.4 黄芩黄酮	175
4.4.1 引言	175
4.4.2 组织培养方法	176
4.4.3 影响组织培养的因素	176
4.5 芦丁	177
4.5.1 引言	177
4.5.2 培养方法	178
4.5.3 影响组织培养的因素	178
4.6 水母雪莲黄酮	178
4.6.1 引言	178
4.6.2 培养方法	179
4.6.3 影响组织培养的因素	180
4.7 红花黄酮	182
4.7.1 引言	182
4.7.2 组织培养	183
4.7.3 影响组织培养的因素	183
4.7.4 红花色素的积累	183
4.8 淫羊藿黄酮	184
4.8.1 引言	184
4.8.2 培养方法	185
4.8.3 植物激素对组织培养的影响	185
4.9 甘草黄酮	185
4.9.1 引言	185
4.9.2 组织培养方法	186
4.9.3 影响组织培养的因素	187

4.10 筋骨草黄酮	188
4.10.1 引言	188
4.10.2 组织培养方法	188
4.10.3 植物激素对组织培养的影响	188
4.11 其他黄酮	188
4.11.1 沙棘黄酮	188
4.11.2 元宝草黄酮	190
参考文献	190

第5章 皂苷类成分	193
5.1 概述	193
5.2 人参皂苷	193
5.2.1 引言	193
5.2.2 人参愈伤组织的诱导和培养	196
5.2.3 人参细胞的悬浮培养	196
5.2.4 人参发根培养	198
5.2.5 人参皂苷的转化	200
5.3 西洋参皂苷	201
5.3.1 引言	201
5.3.2 西洋参的组织和细胞培养	202
5.3.3 西洋参发根培养	204
5.3.4 西洋参冠瘖组织培养	205
5.3.5 发酵加工生产西洋参皂苷	207
5.4 三七皂苷	208
5.4.1 引言	208
5.4.2 三七细胞培养工艺	209
5.4.3 三七细胞培养的特点及效果	209
5.4.4 三七的冠瘖组织培养和发根培养研究	211
5.4.5 酶转化三七叶总皂苷制备人参皂苷 C-K	211
5.5 竹节参皂苷	211
5.5.1 引言	211
5.5.2 竹节参组织培养	211
5.6 绞股蓝皂苷	212
5.6.1 引言	212
5.6.2 绞股蓝组织和细胞培养	213
5.6.3 组织和细胞培养过程中绞股蓝皂苷的含量	213
5.7 薯蓣皂苷	214
5.7.1 引言	214
5.7.2 培养方法	215
5.7.3 影响组织培养产物形成的因素	217
5.7.4 薯蓣皂苷元的生产工艺	218

5.8 甘草皂苷	219
5.8.1 引言	219
5.8.2 甘草的组织培养	220
5.8.3 甘草的发根培养和甘草酸分析	221
5.9 黄芪皂苷	221
5.9.1 引言	221
5.9.2 愈伤组织的诱导和培养	222
5.9.3 细胞悬浮培养	223
5.9.4 发根培养	223
5.10 桔梗皂苷	224
5.10.1 引言	224
5.10.2 桔梗的无性快速繁殖	224
5.10.3 桔梗皂苷的诱导生成	224
5.10.4 桔梗发根培养物的建立	225
参考文献	225
第6章 一些结构简单的苷及苷元类	229
6.1 天麻素	229
6.1.1 引言	229
6.1.2 利用人参发根合成天麻素	229
6.2 白藜芦醇	230
6.2.1 引言	230
6.2.2 白藜芦醇的生物合成途径	230
6.2.3 生物技术制备	230
6.3 红景天苷	232
6.3.1 引言	232
6.3.2 生物技术制备	232
6.4 山茱萸苷	234
6.4.1 引言	234
6.4.2 环烯醚萜苷类成分的生物合成途径	235
6.4.3 山茱萸的组织培养	236
6.5 藏红花苷	236
6.5.1 引言	236
6.5.2 藏红花的组织培养	237
6.5.3 藏红花的细胞培养	237
6.5.4 合成藏红花苷的有关基因	238
6.6 熊果苷	238
6.6.1 引言	238
6.6.2 生物技术制备	239
参考文献	239

第7章 醌/酮类	242
7.1 蒽醌类	242
7.1.1 大黄蒽醌类	242
7.1.2 决明蒽醌类	244
7.1.3 茜草蒽醌类	245
7.2 萘醌类(紫草萘醌)	246
7.2.1 引言	246
7.2.2 紫草萘醌的生物合成途径	247
7.2.3 紫草属植物的组织培养	247
7.2.4 紫草细胞中与紫草宁积累有关的基因	250
7.3 丹参酮类	250
7.3.1 引言	250
7.3.2 丹参酮类化合物的生物合成途径	251
7.3.3 丹参酮类物质的生物技术积累	251
7.4 靛蓝、靛玉红	252
7.4.1 引言	252
7.4.2 靛蓝的组织培养	253
7.4.3 靛蓝发根的培养	253
7.5 金丝桃素	254
7.5.1 引言	254
7.5.2 贯叶连翘的组织培养	255
7.5.3 贯叶连翘细胞悬浮培养	255
7.6 鱼藤酮	256
7.6.1 引言	256
7.6.2 有关鱼藤酮生物技术制备方法的研究	256
参考文献	257
 第8章 萜类	260
8.1 紫杉醇	260
8.1.1 引言	260
8.1.2 紫杉醇的生物合成途径	261
8.1.3 中国红豆杉的细胞工程	263
8.1.4 南方红豆杉的细胞工程	265
8.1.5 东北红豆杉的细胞工程	268
8.1.6 云南红豆杉的细胞工程	270
8.1.7 其他植物细胞培养获得紫杉醇	271
8.1.8 微生物发酵获得紫杉醇	272
8.1.9 关于紫杉醇类似物 sinenxans	273
8.2 青蒿素	275
8.2.1 引言	275
8.2.2 青蒿素的生物合成	276

8.2.3	青蒿素生物合成的基因调控	278
8.2.4	青蒿素生物合成的体外调控	279
8.2.5	青蒿的组织培养	279
8.2.6	微生物转化技术生产青蒿素衍生物	281
8.2.7	生物反应器技术生产青蒿素	282
8.3	甜叶菊苷类	283
8.3.1	引言	283
8.3.2	甜叶菊苷类化合物的生物合成途径	284
8.3.3	甜叶菊的组织培养	284
8.4	苦皮素类	285
8.4.1	引言	285
8.4.2	苦皮藤的组织培养	286
8.4.3	C ₅₈ 土壤杆菌介导培养的冠瘿组织合成生产苦皮素 A	286
8.5	獐牙菜苦苷和龙胆苦苷	287
8.5.1	引言	287
8.5.2	獐牙菜属植物的组织培养	287
8.5.3	龙胆属植物的组织培养	289
8.6	银杏中的萜内酯	291
8.7	雷公藤中的萜类化合物	292
8.7.1	引言	292
8.7.2	雷公藤的组织培养	292
8.8	云南美登木中的萜类成分	294
	参考文献	294
第9章	香豆素类和木脂素类成分	299
9.1	连翘苷	299
9.1.1	引言	299
9.1.2	连翘苷的结构和理化性质	299
9.1.3	连翘的组织培养	300
9.2	厚朴酚与和厚朴酚	300
9.2.1	引言	300
9.2.2	厚朴酚、和厚朴酚的结构和理化性质	301
9.2.3	厚朴的组织培养	301
9.2.4	凹叶厚朴的组织培养	302
9.3	鬼臼毒素	302
9.3.1	引言	302
9.3.2	鬼臼毒素的结构和理化性质	302
9.3.3	鬼臼毒素的组织培养	303
9.3.4	鬼臼毒素的内生真菌发酵	304
9.4	五味子素类	304
9.4.1	引言	304

9.4.2 五味子的组织培养	305
9.5 前胡香豆素	306
9.5.1 引言	306
9.5.2 紫花前胡组织培养	306
参考文献	307

第10章 多糖类成分..... 309

10.1 栀子多糖	309
10.1.1 引言	309
10.1.2 栀子的组织培养	310
10.2 人参多糖	311
10.2.1 引言	311
10.2.2 愈伤组织的诱导与培养	311
10.2.3 细胞悬浮培养	311
10.3 黄芪多糖	312
10.3.1 引言	312
10.3.2 膜荚黄芪愈伤组织的诱导	313
10.3.3 蒙古黄芪的组织培养	313
10.3.4 酶法提取黄芪多糖	313
10.4 虫草多糖	313
10.4.1 引言	313
10.4.2 虫草的液体深层发酵培养	315
10.5 枸杞多糖	315
10.5.1 引言	315
10.5.2 枸杞的组织培养	316
10.5.3 枸杞无性植株的再生	316
10.5.4 枸杞单细胞和原生质体培养	317
10.6 岩藻多糖	317
10.6.1 引言	317
10.6.2 岩藻多糖的生物降解	318
10.7 桑黄多糖	319
10.7.1 引言	319
10.7.2 桑黄的液体发酵培养	319
10.8 灵芝多糖	320
10.8.1 引言	320
10.8.2 灵芝多糖的液体深层发酵培养	321
10.9 其他多糖	321
10.9.1 香菇多糖	321
10.9.2 螺旋藻多糖	322
10.9.3 猪苓多糖	323
参考文献	324

第 11 章 氨基酸、肽及蛋白质类成分	327
11.1 茶氨酸	327
11.1.1 引言	327
11.1.2 茶氨酸的生物合成途径	328
11.1.3 茶氨酸的生物技术应用	328
11.2 天花粉蛋白	330
11.2.1 引言	330
11.2.2 牻牛组织培养积累天花粉蛋白	331
11.2.3 天花粉蛋白基因的克隆和检测	331
11.3 美洲商陆抗病毒蛋白	332
11.3.1 引言	332
11.3.2 PAP 的抗病毒机制	333
11.3.3 美洲商陆的组织培养	333
11.3.4 美洲商陆发根的培养	334
11.3.5 美洲商陆抗病毒蛋白 cDNA 的克隆及其转化番茄	334
11.4 蝮蛇毒类凝血酶	335
11.4.1 引言	335
11.4.2 蝮蛇毒类凝血酶基因的克隆	335
11.4.3 蝮蛇毒类凝血酶基因在大肠杆菌中的克隆、融合表达和分离纯化	336
11.4.4 大连蛇岛蝮蛇毒类凝血酶基因在毕赤酵母中的克隆与表达	336
11.5 蝎毒多肽	336
11.5.1 引言	336
11.5.2 蝎毒多肽的分化及其作用研究	336
11.5.3 蝎毒多肽的生物工程	337
11.5.4 蝎毒多肽基因工程研究展望	338
11.6 蓖麻毒素	339
11.6.1 引言	339
11.6.2 蓖麻单性雌株的快速繁殖	339
11.6.3 蓖麻的组织培养	340
11.6.4 蓖麻毒素 A 链蛋白基因的克隆、表达和纯化	340
11.7 海葵神经毒素	341
11.7.1 引言	341
11.7.2 海葵神经毒素基因的克隆	341
11.8 麻风树毒蛋白	342
11.8.1 引言	342
11.8.2 麻风树毒蛋白的基因克隆	342
参考文献	344
第 12 章 其他成分	347
12.1 油脂类成分	347
12.1.1 车前子油	347

12.1.2	薏苡仁油	349
12.1.3	多羟基脂肪酸	350
12.2	有机酸类成分	350
12.2.1	引言	350
12.2.2	几种有机酸的生物技术制备方法的研究	351
12.3	类胡萝卜素	353
12.3.1	引言	353
12.3.2	类胡萝卜素的生物合成途径	355
12.3.3	类胡萝卜素的生物技术生产	357
12.4	杜仲胶	358
12.4.1	引言	358
12.4.2	杜仲组织培养生产杜仲胶	358
12.5	茶多酚	359
12.5.1	引言	359
12.5.2	茶树花药培养积累茶多酚	359
	参考文献	359

第 1 章 绪论

天然活性成分是指来源于自然界、其结构并非人为创造合成的活性物质，这里所说的活性通常是指能引起人体的生理状况或病理症状改变的性质，也泛指影响动物、植物甚至微生物生命活动的性质。已发现的天然活性成分很多，如 1998 年出版的《天然活性成分简明手册》，从植物、动物、微生物和矿物四个方面，收集截至 1996 年的天然活性成分达 2838 个。在中国，中药、天然药物是天然活性成分的主要提供者。中药、天然药物都是自然物质，二者区别只是人们认识药物的角度不同而已。显而易见，与盲目从自然界中寻找活性成分相比，从已有药用经验的中药、民族药和天然药物中发现活性成分概率更高。

1.1 天然活性成分的来源

1.1.1 天然活性成分的生物来源

1.1.1.1 植物来源

植物是天然活性成分的主要来源，尤其是药用植物。中国本草古籍中，绝大多数本草中所载药物以植物药为主，如《神农本草经》载药 365 种，其中植物药 252 种；《本草纲目》载药 1892 种，其中植物药 1119 种。在民间草药中，所用药用物质也主要源于植物。根据 1985~1989 年的中药资源普查结果，中国药用植物的种类多达 11 118 种（一说 11 146 种），包括 9905 种、1208 个种以下单元，分属 385 科 2313 属，占全部药用自然资源的 87%。药用植物中，约 95% 属于高等植物，其中种子植物占 90% 以上。如表 1-1 所示。

表 1-1 药用植物分类统计

植 物 类 别	科	属	种
藻类	42	53	114
菌类	41	110	298
地衣类	9	15	55
苔藓类	21	33	43
蕨类	49	117	455
种子植物类	223	1984	10 153

药用植物中藏有大量的天然活性成分。中国是世界上最早利用传统生物技术从植物中制备活性成分的国家，如明代的《医学入门》（1575）最早记载了用发酵法从五倍子中获得没食子酸的过程。自法国药学家 Derosone（1804）和德国药学家 F. A. W. Sertürner（1806）先后从鸦片中分离出吗啡以来，两百余年中，科学家们从植物中发现了大量的活性成分，并直接开发了很多药物，如麻黄素（麻黄碱，ephedrine）、芦丁（rutin）、小檗碱（berberine）、黄芩苷（baicalin）、甘草甜素（glycyrrhizin）、西地兰（cedilanid）、奎宁（quinine）、