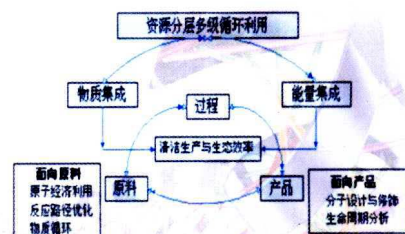


“十一五”国家重点图书出版规划项目



应用生物技术大系

Comprehensive Series of Applied Biotechnology



药用植物过程工程及其 生态产业集成

陈洪章 等 编著



科学出版社
www.sciencep.com

“十一五”国家重点图书出版规划项目
应用生物技术大系

药用植物过程工程 及其生态产业集成

陈洪章 等 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以药用植物为原料对象,在过程工程理论和方法的指导下,梳理出药用植物资源多联产生态产业链中关键共性问题;总结多年研究工作实践,综合国内外研究进展,提出“药用植物过程工程及其生态产业集成”的理念,系统阐述了药用植物资源分层多级转化原理及其技术体系,为药用植物过程工程的发展提供理论和技术支持;根据原料特性,将药用植物资源分为富含淀粉、纤维、油脂、色素等几类,并构建与其匹配的生态产业链模式。

本书可供生物工程、药学、中药资源与开发、中药生物技术等领域的研究生和研究人员及相关企业的管理人员和技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

药用植物过程工程及其生态产业集成/陈洪章等编著. —北京:科学出版社,2010

(应用生物技术大系)

ISBN 978-7-03-029335-0

I. ①药… II. ①陈… III. ①中草药加工-化学反应工程 IV. ①TQ461

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 208990 号

责任编辑:莫结胜 刘 晶/责任校对:钟 洋

责任印制:钱玉芬/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 11 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2010 年 11 月第一次印刷 印张:18 3/4

印数:1—1 800 字数:437 000

定价:55.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

纵观国内外药用植物资源开发现状,药用植物作为中草药主要采用传统的加工模式,难以适应可再生药用植物资源开发利用的发展趋势,特别是在药用植物加工过程中存在着单一药用成分提取利用、提取制备转化技术单一等问题,造成极大的资源浪费和转化过程的污染。

过程工程是在化学工程“三传一反”基础上发展起来的,强化了过程集成研究。过程工程对于药用植物现代化的发展具有指导作用。药用植物过程工程就是以药用植物为原料对象,在过程工程理论和方法的指导下,梳理出药用植物资源多联产生态产业链中关键共性问题,达到药用植物原料生物量全利用,创建清洁生产工艺,使药用植物原料资源多组分分层多级集成利用,为药用植物更好、更快实现现代化等提供理论和技术支撑。

本书在我们多年研究的基础上,综合多学科知识,提出“药用植物过程工程及其生态产业集成”这一理念,系统阐述了药用植物资源分层多级转化原理及其技术体系,为药用植物过程工程的发展提供理论和技术支持。

我们在该方面的研究得到了国家重点基础研究发展计划(“973”计划)(2004CB719700)、中国科学院知识创新工程重要方向项目(KGCX2-YW-328)和中国科学院知识创新工程重大项目(KSCX1-YW-11A1)的资助。另外,我的硕士和博士研究生的研究工作是本书得以出版的重要前提,其中付小果硕士参与了第1章、第5章的撰写和汇总,李宏强博士参与了第2章和第9章的撰写,邱卫华博士参与了第3章、第7章和第10章的撰写,陈国忠博士参与了第4章的撰写,彭小伟博士参与了第6章的撰写,王玉美硕士参与了第8章的撰写。在本书编著过程中,参考了大量国内外前辈和同行们撰写的书籍和期刊论文资料,在此一并表示衷心的感谢。

书中如有不当之处,诚请读者批评指正,并欢迎来函指导。

陈洪章

2010年3月于北京市中关村北二条1号

中国科学院过程工程研究所生化工程国家重点实验室

E-mail: hzchen@home.ipe.ac.cn

目 录

前言

1 绪论	(1)
1.1 药用植物资源产业化现状	(2)
1.2 药用植物原料过程工程	(4)
1.2.1 药用植物资源特性	(5)
1.2.2 药用植物原料初级炼制	(6)
1.3 药用植物资源的生态产业集成	(8)
参考文献	(9)
2 药用植物资源	(11)
2.1 植物资源学概述	(11)
2.1.1 植物资源学与其他学科的关系	(11)
2.1.2 植物资源的分类系统	(12)
2.1.3 植物资源的基本特性	(12)
2.1.4 植物资源的主要化学成分	(12)
2.1.5 植物资源学的一般研究方法	(19)
2.1.6 植物资源学的研究概况和发展历史	(21)
2.1.7 植物资源的合理开发利用	(22)
2.2 药用植物资源	(23)
2.2.1 药用植物资源的特点	(23)
2.2.2 药用植物资源的分类	(25)
2.2.3 药用植物资源与生态环境的关系	(33)
2.2.4 我国药用植物资源分布	(34)
2.2.5 药用植物的采收加工炮制	(40)
2.2.6 药用植物的有效成分	(43)
2.2.7 药用植物资源的综合利用	(45)
参考文献	(48)
3 药用植物过程工程原理及其生态产业集成方式	(50)
3.1 炮制——中药原料的初级炼制	(50)
3.1.1 中药炮制的理论基础	(50)
3.1.2 中药炮制技术及其发展	(51)
3.2 中药加工的化学反应基础	(52)
3.2.1 中药的化学成分	(52)
3.2.2 中药加工过程中化学成分的变化	(53)
3.2.3 中药加工过程与美拉德反应	(56)

3.3	中药现代化研究	(60)
3.3.1	中药现代化存在的问题	(60)
3.3.2	中药现代化发展趋势	(62)
3.3.3	中药现代化的主要内容	(63)
3.4	药用植物资源开发利用的层次	(63)
3.4.1	中药有效成分提取层次	(64)
3.4.2	中药有效部位整理利用层次	(65)
3.4.3	中药资源开发生态产业链层次	(67)
3.5	药用植物有效成分的提取与分离	(67)
3.5.1	超临界流体萃取	(68)
3.5.2	超声辅助提取	(69)
3.5.3	微波萃取技术	(69)
3.5.4	连续逆流提取	(70)
3.6	药用植物过程工程原理与关键技术	(70)
3.6.1	过程工程原理及内涵	(70)
3.6.2	过程集成理论基础	(71)
3.6.3	过程研究开发思路与方法	(73)
3.6.4	药用植物资源生态产业链过程关键技术	(74)
	参考文献	(79)
4	含油脂果实或种子药用植物生态产业	(83)
4.1	含油脂果实或种子药用植物资源成分	(84)
4.1.1	果实类药用植物资源	(84)
4.1.2	种子类药用植物资源	(84)
4.1.3	含油脂果实或种子药用植物资源	(85)
4.2	含油脂种子或果实药用植物生态产业开发的可行性分析	(97)
4.2.1	药用植物油	(97)
4.2.2	黄酮等提取物	(100)
4.2.3	提取剩余物	(101)
4.3	含油脂种子或果实药用植物生态产业链开发关键技术	(102)
4.3.1	含油脂药用植物预处理关键技术	(102)
4.3.2	含油脂药用植物油脂提取关键技术	(103)
4.4	含油脂种子或果实药用植物生态产业化新模式	(105)
4.4.1	汽爆-水酶-热解相结合的综合利用模式	(105)
4.4.2	女贞子营养保健食品开发新模式	(105)
4.4.3	药用、提油和保健食品相结合的模式	(106)
4.5	含油脂种子或果实药用植物生态产业链技术范例	(106)
4.5.1	药用植物果实汽爆处理及其油脂的提取	(106)
4.5.2	油粕中黄酮的提取	(107)
4.5.3	提取剩余物制备活性炭的工艺	(107)

参考文献	(108)
5 富含淀粉药用植物生态产业	(110)
5.1 富含淀粉药用植物开发利用现状	(110)
5.2 富含淀粉药物资源、种类	(111)
5.3 富含淀粉药用植物生态产业开发的可行性分析	(136)
5.4 富含淀粉药用植物生态产业链开发关键技术	(136)
5.5 富含淀粉药用植物生态产业新模式	(138)
5.6 富含淀粉药用植物生态产业技术范例	(139)
5.6.1 葛根资源的生态产业链	(139)
5.6.2 栎属资源生态产业链	(142)
5.6.3 蕨类资源的生态产业链	(145)
5.6.4 川芎资源的生态产业链	(146)
参考文献	(148)
6 富含纤维药用植物生态产业	(151)
6.1 概述	(151)
6.2 富含纤维药用植物资源及成分	(152)
6.3 富含纤维药用植物生态产业开发的可行性分析	(169)
6.3.1 药用纤维植物纤维资源利用方式分析	(169)
6.3.2 药用纤维植物药用价值利用方式分析	(173)
6.3.3 药用纤维植物生态产业开发的可行性分析	(173)
6.4 富含纤维药用植物生态产业链开发关键技术	(174)
6.4.1 富含纤维药用植物的蒸汽爆破预处理技术	(174)
6.4.2 中药固态发酵技术	(175)
6.5 富含纤维药用植物生态产业新模式	(176)
6.6 富含纤维药用植物生态产业技术范例	(177)
6.6.1 木芙蓉综合利用生态产业链	(177)
6.6.2 桑皮综合利用生态产业链	(178)
6.6.3 烟草综合利用生态产业链	(179)
参考文献	(180)
7 富分泌组织药用植物生态产业	(182)
7.1 富分泌组织药用植物资源成分	(182)
7.1.1 树脂类	(182)
7.1.2 汁液类——芦荟	(189)
7.1.3 内分泌物质形成的结石等	(190)
7.2 富分泌组织药用植物生态产业开发的可行性分析	(192)
7.3 富分泌组织药用植物生态产业链开发关键技术	(193)
7.3.1 半仿生提取法	(193)
7.3.2 汽爆技术	(193)
7.4 富分泌组织药用植物生态产业新模式	(194)

7.4.1	基于有效成分提取的生态产业新模式	(194)
7.4.2	基于整体药效的生态产业模式	(195)
7.5	富分泌组织药用植物生态产业技术范例	(196)
7.5.1	漆树资源	(196)
7.5.2	生漆的主要化学成分	(196)
7.5.3	漆树资源综合利用	(197)
	参考文献	(199)
8	挥发油药用植物资源生态产业	(202)
8.1	挥发油药用植物的资源分布和化学成分	(202)
8.2	挥发油药用植物综合利用的可行性分析	(225)
8.3	挥发油药用植物生态产业链开发关键技术	(227)
8.3.1	挥发油的提取技术	(228)
8.3.2	挥发油的分离技术	(229)
8.4	挥发油药用植物生态产业开发的新模式	(231)
8.5	挥发油药用植物生态产业链技术范例	(231)
	参考文献	(233)
9	有毒药用植物生态产业	(238)
9.1	概述	(238)
9.1.1	常用有毒中药	(238)
9.1.2	大宗毒药中药产品	(238)
9.1.3	有毒中药利用中存在的问题	(248)
9.2	有毒药用植物资源成分	(249)
9.2.1	非蛋白质氨基酸	(250)
9.2.2	肽类化合物	(250)
9.2.3	生物碱	(251)
9.2.4	萜类化合物	(251)
9.2.5	苷类化合物	(251)
9.2.6	酚类衍生物	(252)
9.2.7	无机化合物和简单有机化合物	(252)
9.3	有毒药用植物生态产业开发的可行性分析	(252)
9.3.1	原料药的综合利用	(252)
9.3.2	提取有效成分后的药材的综合利用	(253)
9.4	有毒药用植物生态产业链开发关键技术	(254)
9.5	有毒药用植物生态产业新模式	(256)
9.6	有毒药用植物生态产业技术范例	(257)
9.6.1	利用现代技术对附子的炮制进行标准化	(257)
9.6.2	利用现代技术对马钱子的炮制进行标准化	(261)
	参考文献	(265)

10 富色素药用植物资源生态产业	(267)
10.1 富色素药用植物资源成分.....	(267)
10.1.1 天然药用植物色素分类	(267)
10.1.2 富色素药用植物资源	(273)
10.2 富色素药用植物生态产业开发的可行性分析.....	(279)
10.3 富色素药用植物生态产业链开发关键技术.....	(279)
10.4 富色素药用植物生态产业新模式.....	(281)
10.4.1 中药材的生态产业模式	(281)
10.4.2 药用植物资源综合利用生态产业模式	(283)
10.5 富色素药用植物生态产业技术范例.....	(283)
参考文献.....	(285)

1 绪 论

在人口老龄化、全球医疗体制改革、保健养生及“回归自然”的世界潮流影响下,传统医药在世界上的应用范围和使用率不断提高,在国际市场的空间不断扩大,在世界范围内显示了良好的发展机遇和非常广阔的发展前景。据世界卫生组织估计,目前全球80%的人口使用或曾经使用过各种不同的传统医药治病保健,而传统医药一般都是以药用植物为主要材料的。药用植物是含有能够防病治病的具有一定生理活性的物质的植物总称^[1]。

自1983年以来,国家组织全国的中药研究力量对全国中药资源进行了普查工作,查明我国现有药物资源种类达12 772种,其中天然药用植物10 933种,人工栽培药用植物400种,药用植物占了资源使用量的95%以上^[2]。中药材是我国药用植物的主要部分,是我国中医药事业的原材料。

我国的药用植物进出口量居世界之冠。仅对320种常用植物药材进行统计,总蕴藏量就达850万吨左右。较常用的药用植物约有1000种,其中80%左右来自野生,20%左右来自中药农业,但从中药农业种植收获的药材产量约占药材总量的60%以上。

药用植物是许多天然药物的重要来源,统计表明1983—1994年间美国食品药品监督管理局(FDA)批准生产的新药中,64种抗菌药78%来自天然产物或其半合成品;31种抗癌药61%来自天然产物、半合成品或以天然产物为模型的全合成品;52种抗感染性疾病新药63%以天然产物为基源。目前,国际市场天然药物每年的销售额已超过300亿美元,而且每年仍以12.9%的速度在增长。2003年,我国中药对外出口总额达到了7.12亿美元,同比增长6.11%,其中中药材出口4.2亿美元,同比增长7.75%。可见,目前国际市场对天然药物的需求日益扩大。

随着中医药经济的蓬勃发展、植物药需求的高速增长、我国中药材资源的日益紧缺,国际植物药市场需求量正以10%的年均增长率递增,我国中药材需求也以15%的年均增长率递增,并面临着药材原料严重缺乏的现实。近10年来,我国天然药物的需求翻了3番,年需求量已高达60万吨,出口约30万吨。海关统计数据显示,我国每年的中药出口数量为24万吨,其中中药材出口数量为20万吨,约占中药材整体采收量的20%,而中药材进口数量和种类很少。中药材原料巨大的贸易顺差,使得我国本就严峻的资源供求矛盾更加激化和突出。同时,过度无序的开采和生态环境的恶化,也导致中药材资源质量性紧缺,野生资源逐年减少。

在我国目前处于濒危状态的近3000种植物中,用于中药或具有药用价值的约占60%~70%;400余种常用中药材每年有20%出现短缺。由于野生资源无法恢复,种质资源正在迅速减少甚至消失,优良种质在退化,制约了我国中药产业的可持续发展。

近年来,我国中药材种植的面积逐步萎缩,2003年的种植面积为27万公顷(400

万亩*)左右,2004年春季的药材播种面积不到20万公顷(300万亩),而我国每年栽培药材的用量约34万公顷(500万亩)左右。供求矛盾突出,药材原料严重缺乏将直接影响中药产业的发展。

1.1 药用植物资源产业化现状

1999年,中华人民共和国科学技术部(科技部)等部委经过长期调研,确立了我国“中药现代化”的战略目标,选择“中药科技产业”作为切入点,全面推动我国中药产业的发展。2001年12月1日生效的新《药品管理法》明确规定:“国家发展现代药和传统药,充分发挥其在预防、医疗和保健中的作用。国家保护野生药材资源,鼓励培育中药材。”2002年国家制定的《中药现代化发展纲要》中,提出了2002—2010年我国中药现代化的指导思想等,加快了我国药用植物资源开发利用的步伐。

药用植物作为一种特殊的植物资源,由于其独特的治疗疾病的作用使得人们将更多的目光集中在其有效成分的开发和研究中,其中很大部分资源仅仅停留在原料药出口创收或小分子有效成分的提取分离过程,离产业化阶段还存在很大的距离。在已有的资源产业化开发中,也还存在以下几方面的问题^[3]。

(1) 药用资源的产业化开发中,只注重单一有效成分的利用,不重视资源成分的综合利用。中药对于人体的作用模式不是某一种成分的作用,而是整体成分的综合作用。中药是一种有效治疗疾病的复杂体系,中药复方如此,每一味单味药也是如此。中药中的化学成分大体可分为小分子和大分子两大类,从事天然高分子化学研究的工作者很少关注中药中的高分子化学成分,而从事中药化学研究的科学家往往只关注中药中的小分子活性成分。许多中药如贝母、山药、葛根、何首乌和泽泻等均含有淀粉,此类中药在利用的过程中,只注重小分子活性成分的研究与利用,中药中淀粉成分的研究就成了中药化学研究的一个空白点。更为关键的是,药物资源中大量的淀粉在小分子活性成分提取完之后都作为废物浪费掉,不仅没有充分利用药材资源,同时也给环境造成了巨大的压力。

(2) 药物资源的转化技术单一,利用率非常低。现阶段,国内药用植物的利用有时只是作为原料药出口创收,或仅仅停留在有效成分的分离与纯化,然后将分离纯化的活性成分作为其终端产品进行销售,经济效应大受影响。药用植物副产品资源利用率低下,因为中药产业以获得药材、饮片、提取物、成药为主要目的,但在药用植物总量中,许多药材(药用部位)只占药用植物较少的部分。药材生产基地产生的废弃物主要是非药用部位,例如,根茎类药材的废弃物为枝叶,果实类药材的废弃物为根茎叶,花叶类药材的废弃物为根茎等。这些废弃物大多堆放在田间,废而不用,任其自然干枯,既污染了环境,又不利于田间作业;而生产中成药的提取物只占药材的10%~30%,70%~90%的药渣和沉淀物被废弃。因此,研究药用植物副产品资源在中药产业中的循环利用,也应作为保护中药资源关键的问题^[4]。

(3) 药用植物在开发过程中存在过度开发利用的问题。对药用植物的综合开发利用

* 1亩≈666.67m²。

是一把双刃剑，既为我国中药产业开辟了广阔市场，也给宝贵的天然野生资源带来了一定的破坏^[5]。野生桔梗、沙参、黄精、何首乌、四叶参、冬虫夏草、肉苁蓉、全蝎、辛夷、五倍子、白芨、甘草、野黄芪等，是这场中药产业革命中的第一批牺牲品。导致它们的野生群体灭绝或濒临灭绝的，是它们的多功用性。

针对野生药用植物的多功用特性，人们为了追求市场经济下的利益最大化，只管疯狂掠夺，不顾更新保护；再加上社会转型期政府相关管理功能的缺失，导致这种恶性循环至今没有得到明显遏止。翻开一部《中国植物红皮书》，有 1/3 的珍稀药用植物品种赫然在目。人类正在并将继续为自身的这种行径付出越来越惨重的代价。

红豆杉是迄今大家最熟知的一种名贵珍稀药用植物。名贵是因为其皮、叶中含有治疗号称“人类第一杀手”的癌症的物质——紫杉醇；珍稀是因为它只在我国云南、秦岭等崇山峻岭中有极少分布，且生长极其缓慢。但就是这种珍贵的药用植物，在秦岭深处的贫困山区，也被不法采伐者盗伐殆尽。

另一种国家二级保护植物七叶树所结的果实，中药叫婆罗果，具有宽中、理气、杀虫之功效。20 世纪 90 年代以来，欧美国家从我国进口婆罗果，从中提取七叶树皂苷，据称可用于治疗慢性肠胃癌。婆罗果价格由 1995 年的每千克 6~8 元，暴涨至目前的每千克 40~50 元。在 2000 年前后，七叶树开发最狂热的几年中，野生大树被山民在收购商的鼓动利诱下连根砍倒。在陕西秦岭、湖北神农架、河南伏牛山等主要分布区，被一次性毁灭的七叶树不计其数。

(4) 药物资源产业化开发过程中存在很多与环境不协调的因素。黄姜皂素又名薯蓣皂苷元 (diosgenin)，CA 登记号为 512-04-9，是一种重要的医药中间体，是合成甾体激素类药物的主要原料，也是生产盾叶冠心宁、地奥心血康等药品的重要原料。工业上黄姜皂素主要通过从薯蓣属植物黄姜中提取分离来制备。黄姜（盾叶薯蓣）为我国特有种，根茎含有黄姜皂素及 45%~50% 的淀粉、40%~50% 的纤维素，还含有黄色素、单宁等，其中，黄姜皂素含量约为 2.5%，居世界薯蓣属植物之冠，因此，黄姜是一种经济效益高、开发潜力大的药用植物资源^[6]。

目前工业上生产皂素采用的传统工艺为：将原料经水浸、粉碎、预发酵后，加盐酸或硫酸水解。将水解物过滤，废液被分离，滤出物为不溶于水的木质素和皂素。将滤出物漂洗、粉碎、烘干后，以汽油提取，提取液经蒸发浓缩，皂素结晶析出。经过滤，皂素与溶剂分离。溶剂回收循环利用，皂素经烘干包装成产品。采用传统工艺生产黄姜皂素不但提取率低，更重要的是会产生大量含酸高、胶质重、色素浓的酸性废水，对环境造成了极其严重的危害。该工艺目前应用于工业生产主要存在三大不足。第一，生产中产生大量废水和废渣，排放后环境污染的问题严重。第二，皂素的收率较低，主要是因为：① 黄姜原料全部参与水解，薯蓣皂素被严密的植物组织包裹，干扰了薯蓣皂素的水解；② C3 位上结合的支链糖基产生空间位阻，使水解不完全；③ 薯蓣皂苷在黄姜细胞中与细胞壁贴合较紧，对酸相对稳定，很难水解。第三，对黄姜中的其他成分，如 45%~50% 的淀粉和 40%~50% 的纤维素没有经济有效地利用起来，造成严重的资源浪费和环境污染。

纵观药用植物资源开发现状，药用植物作为中草药主要采用传统的加工模式，难以适应世界发展趋势，特别是在药用植物加工过程中存在着单一药用成分提取利

用、提取制备转化技术单一等问题，造成极大的资源浪费和转化过程的污染。这些都成为我国中医药事业发展的突出矛盾，制约着中医药事业和经济生产的持续稳定发展。多年的实践证明，限制对药用植物资源的开发，会影响中医药事业的发展，单纯地保护代价又相当大，且很多措施也不易实施。只有从合理开发利用药用植物资源着手，依据过程工程的理念，梳理出药用植物资源多联产生态产业链中关键问题，应用合理的高新技术，在生产的始端上，尽可能合理开发，保障资源的可持续利用；在生产的终端上，最大限度地提高资源利用率，降低物耗，减少排废量，做到药用植物原料生物量全利用，创建清洁生产工艺，使药用植物原料多组分分层多级集成利用，建立起药用植物原料合理开发利用的生态产业链，促进药用植物加工产业的和谐发展，为药用植物产业及医药制造业更好、更快实现现代化等提供理论和技术支撑。

1.2 药用植物原料过程工程

化学工程的发展方向是过程工程和产品工程，其关键科学问题是在化学工程“三传一反”的基础上，丰富“过程集成”和“结构与功能”两大关键问题，而“过程集成”和“结构与功能”的形成对于药用植物现代化的发展具有指导作用^[7]。

过程工程是以研究物质物理、化学和生物转化过程（包括物质的运动、传递、反应及其相互关系）的过程科学为基础的，任务是解决实验室成果向产业化转化的瓶颈问题，创建清洁高效的工艺、流程和设备，其要点是解决不同领域过程中的共性问题^[8, 9]。

通过深入分析药用植物加工转化过程中的共性问题，在综合多学科知识的基础上，提出了“药用植物过程工程学”这一理念，从药用植物原料特点、过程工程的“过程集成”和产品工程的“结构与功能”关键问题入手，分析梳理药用植物基产品制备工程中关键共性问题。

药用植物过程工程分为原料过程工程与转化过程工程两部分（图 1.1）。所谓的原料过程工程，是指依据药用植物原料的结构、组成特性及利用特点，运用工程的技术和

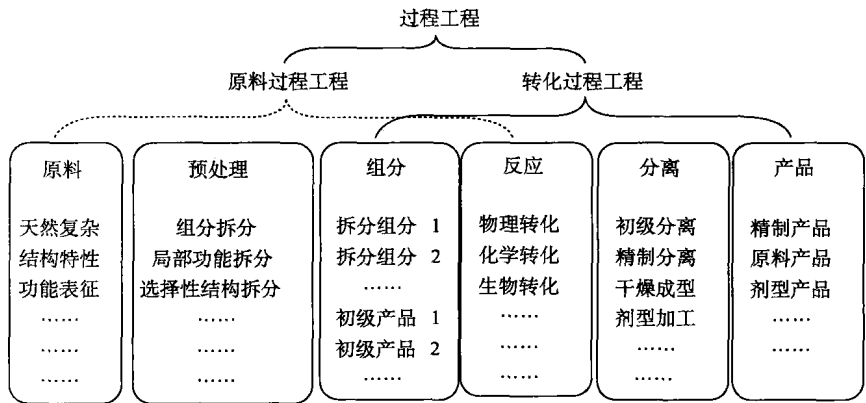


图 1.1 过程工程研究对象

手段, 对其进行预处理, 继而进行结构上和成分上的组分分离, 以利于药用植物原料的利用和转化。转化过程工程是以原料的高效转化为目标, 研究药用植物的物理、化学和生物转化过程, 解决药用植物规模化、产业化和经济性的关键问题, 创建药用植物清洁高效的转化工艺、流程和设备。

1.2.1 药用植物资源特性

药用植物资源与其他自然资源相比具有许多独特之处, 这些独特之处使其在人类生活中有着极为重要的作用, 主要有以下几点^[2, 10]。

1) 复杂性

药用植物是一种天然的植物资源, 化学成分非常复杂, 有些原料中含有的组分达到几十甚至几百种。目前认识到的化学成分主要有黄酮类化合物、萜类化合物、苷类化合物、醌类化合物、生物碱、香豆素、木脂素、挥发油、有机酸、多糖、蛋白质和矿物质等。

不同类型的原料组分差别也很大, 除上述小分子的药用活性成分外, 原料中还富含一些其他的非药用成分。例如, 黄姜中除可提取的 2% 左右的皂素外, 还富含 40%~50% 的淀粉; 桑皮中除含黄酮、生物碱、酚类物质、单宁酸及植物甾醇等多种药理活性组分外, 其纤维含量达到 45%~50%; 苦杏仁中可用于镇咳、镇痛、治疗癌症的苦杏仁苷含量为 3%, 而含油量却达 45%~52%。

在考虑药用植物综合利用中, 应该针对不同原料的复杂结构和共同结构特点, 运用工程的技术和手段实现药用植物资源的综合利用。由此, 本书从原料分层分级综合利用的角度, 根据不同原料的共同特点, 将药用植物分为富含淀粉类、富含纤维类、富含油脂类、挥发油类、色素类、分泌组织及有毒中药 7 类, 分别介绍其资源分布、目前开发利用存在的问题及开发利用关键技术平台, 同时列举几种典型药用植物开发利用的生态产业链模式。

2) 多样性

药用植物资源有其独特的多样性, 即物种多样性、遗传多样性和生态环境多样性。我国现有药用资源种类达 12 772 种, 所有的药用植物都是有用的, 只是在某一社会经济条件下习用或少用某些植物而已。各种植物都可以给人类提供财富, 因此要利用和保护它们。对某一地区的植物资源保护来说, 既要着眼于这个地区所有植物种类的数量的保护, 又要着眼于具体一个植物种的遗传多样性和生态环境多样性的保护。

3) 多功用性

药用植物的多用途主要体现在几个方面: 药用功能, 即主要功能; 食用功能, 如桔梗、枳椇子、四叶参、菊花等; 保健功能, 如冬虫夏草、黄精、肉苁蓉、金莲花等; 化工原料, 如五倍子、白芨、何首乌、木瓜等在黏合剂、洗涤化工方面的应用; 城市绿化功能, 如辛夷、山茱萸、银杏、七叶树、合欢、木瓜、厚朴等在城市绿化美化方面的工程利用。

4) 可再生性

与非生物资源相比, 药用植物资源属于生物资源, 可以自然更新和人工繁殖, 是可

以持续利用的。但要利用好这一特点，还要注意它的自然生长规律，研究它们的合理采收量，只有这样才能达到有效利用和长期利用的目的。

5) 稀缺性、有限性和可解体性

药用植物资源是可再生的资源，但不是取之不竭、用之不尽的。有些药用植物的自然繁殖率低，加上人类活动的干扰和自然灾害，会威胁到植物种群的生存和繁殖。当种群的个体减少到一定数量时，该种群的遗传基因库就有丧失的危险，从而导致物种的消失，也就意味着人类永远失去了这个物种，它们不能再给人类提供财富。

由于对资源缺乏有效的保护、可持续利用和监控措施，我国的药用植物资源受到了严重破坏^[3]。目前已有 169 种药用植物属于《野生药材资源保护条例》、《濒危动植物国际公约》和《国家野生植物保护条例》保护之列，在贸易和利用上受到相应的管制和限制。我国处于濒危状态的植物近 3000 种，其中用于中药或具有药用价值的占 60%~70%。1992 年公布的《中国植物红皮书》收载濒危植物 398 种，其中药用植物达 168 种，占 42% 强。列入国家重点保护野生动物名录的药用动物 162 种，药用动物林麝、黑熊等 40 个种类的资源显著减少，尤其是以利用野生动植物为主的 300~400 味常用中药的资源问题最为突出，有 100 多种出现资源量急剧下降。许多野生个体濒临灭绝，如当归、川芎、三七等的野生个体已很难发现。

6) 区域性

药用植物资源与其他生物资源相比，具有强烈的地域性。所有药用植物都有它的适生范围，都有特定的生长区域，比如，热带植物不能移植到寒带生长，干旱地区的植物也不能移到潮湿地区去生长。植物生长发育的地域性是限制引种栽培、提高品种质量的重要因素。我国的中药材由于生长环境的差异，其有效成分在数量上或质量上会有显著的不同。人们经过长期实践，发现某一地区某一种药材的疗效最好，这就形成了“地道药材”的说法。

7) 相似性

植物种群内有许多相似性。在某一植物中发现某种有用的成分，也有可能在其他近缘种类中找到，这给寻找新的经济植物提供了思路，对植物资源的开发利用极其有用。

8) 种质性

植物的种质不仅存在于繁殖器官内，而且还存在于营养器官、组织和细胞中。在自然条件下，植物营养繁殖往往也是物种延续种质的方法。在人工条件下，人们可以利用生物技术来建立种质库，将离体培养的植物器官、组织和细胞在低温和超低温下保存，需要时可以随时取出，再生成植株，发挥保存物种的作用。

9) 光转换性

植物资源与其他生物资源相比，它是自养性的，能直接利用太阳能，制造有机物，将太阳能转化为化学能加以贮存，在一定条件下再释放出来或转化为热能。植物的这种特殊功能，是动物和大部分微生物所不具备的。

1.2.2 药用植物原料初级炼制

原料初级炼制技术直接影响药用成分、中药制品及药用植物基产品的性质和使用性能。初级炼制可以改变或去除其物化结构和组成的阻碍，一方面有利于药用植物有效成

分的分离提取，另一方面更利于实现原料组分分离的定向转化，然而现有的初级炼制技术只能说是简单的初级预处理。

1.2.2.1 药用植物的初级预处理

中药材在加工成药用饮片或复方中药在服用之前都需要经过加工才能被人安全服用。炮制，是最常见的加工预处理手段。

中药炮制的作用主要归结为“制毒”和“增效”。“制毒”的基本原理为：消减有毒成分的含量；破坏或改变其有毒成分的化学结构；与特定的辅料炮制起解毒作用；破坏共存酶的活力，防止其产生酶解作用等，以达到其“制毒”的目的，保证临床用药安全、有效。而“增效”主要是通过：增高药效成分在汤剂中的煎出量；破坏共存酶的活力，保存药效成分含量；消减或破坏与治疗无关的成分而充分发挥治疗所需的成分；与某种炮制特定辅料起到协同作用，高温处理改变固有作用等，以达到“增效”的目的，提高临床的治疗效果^[11, 12]。

传统的炮制概念只是针对单味药而言。从中药材利用的角度来看，由药材开始，中药复方发挥其药效需经历中药材切片、单味药炮制、中药复方配伍、有效成分提取、中药制剂制备、药物在人体内的分解吸收、药物发挥疗效等过程，这些过程组成了一个有机的链条。但对复方而言，各种中药饮片在加工制成可服用药剂的过程中，存在着中药饮片之间的复杂作用，从而达到改变药性、增强药效等作用。在本书中把对复方和单味药材饮片的前期加工过程统称为中药初级前处理。

中药炮制经过数千年的临床实践，积累了丰富的经验，沉淀形成了独特的炮制文化，而炮制经验、炮制文化在提升为中医用药理论之后再与现代科学相融合，形成了现阶段的炮制学科。与此同时，简单的炮制加工也逐步发展形成了目前的饮片产业。但是传统的炮制技术大部分都需要凭借经验，甚至存在着“一人一法”的问题，使得中药炮制技术难以形成规模化产业^[13]。

现有中药炮制技术还是以小作坊形式为主，难以形成优势产业，这也导致了同种炮制方法所制备的炮制中药之间存在非常大的差距。

1.2.2.2 药用植物有效成分的提取分离

有效成分是指起主要药效的物质，一般为化学上的单体化合物，能用分子式和结构式表示，并具有一定的理化性质，如某生物碱、苷、挥发油、有机酸等。一种中药材往往含有多种有效成分，而一种有效成分又有多方面的药理作用，其作用机制十分复杂。中药提取时往往得到的是“有效部位”，即经过纯度检查不是单体化合物，而是混合物，如浸提物中含有的总生物碱、总黄酮、总苷、总挥发油等均属于有效部位。应用有效部位在药理和临床上能够代表或部分代表原药材或方剂的疗效，有利于发挥其综合效能，符合中医药的特点。

提取就是从药材原料中分离出有效成分，这直接关系到产品有效成分的含量，影响内在质量、临床疗效、经济效益及 GMP 的实施。在提取工艺中，应最大限度地浸提出有效部位或有效成分，最低限度地浸提出无效甚至有害的物质。

1.2.2.3 药用植物成分的整体功能转化

针对药用植物资源有效成分提取分离成本高、提取效率低等问题,提出有效成分整体利用,即通过现代化技术,如超微粉碎技术等,使中药饮片及复方不经过有效成分的提取分离,而达到直接为人体所吸收利用的目的。

中药防病治病的物质基础来源于其生物活性部位或活性化学组成,但生物机体对药物的吸收、代谢、排泄是一个极其复杂的过程,中药产生的药理效应不能只归功于该药物特有的化学组成,还与药物的状态有关。改变药物的单元尺寸是改变药物物理状态十分有效的方法。将药物的单元尺寸减至纳米尺度,则药物活性和生物利用度就可能得到大幅提高,并可能产生新的药效。1998年徐辉碧教授等提出了纳米中药的概念^[14],在医药界引起了很大的反响。纳米中药是一些中药通过纳米化后的一种笼统的叫法,是指运用纳米技术制造的粒径小于100nm的中药有效成分、有效部位、原药及其复方制剂。

1.2.2.4 药用植物组分分层多级定向转化

药用植物资源的综合利用包含两个方面的内容:一是药用植物资源现有多种用途,在开发活动中,对资源要实行综合评价和综合开发,以合理利用资源,避免枯竭;二是药用植物资源的稀缺性和有限性,在生产和消费中,对废弃物要实行资源化,尽可能回收利用,以节约和保护资源。

药用植物的不同部位所含化学成分不同,或含量有所差异,但只要有药用价值就应充分利用,这对扩大药源,发现新药,提高药用植物的品种利用率和数量利用率和扭转中药紧缺状况和提高经济效益,都能起到积极的作用。

从药用植物中不仅可以提取供药用的有效成分,而且还可从中开发天然甜味剂、苦味剂、食用色素、香料、保健食品及化妆品,从药用植物中开发植物毒素及中药新型农药的研究也方兴未艾。此外,中药作为饲料添加剂或混饲药剂,有促进动物生长和肥育、增强体质、提高畜禽生产性能等作用,具有来源广、价格低廉、取材容易、很少产生副作用和药物残留等优点,是近来兽医中药应用的一个重要方面,也是饲料添加剂的一个独特系列,备受国内外重视,发展很快。根据初步统计,到目前为止,在研究探索中用来作为饲料添加剂或混饲药剂的中药已逾200多种,其中大蒜、山楂、一年蓬、马齿苋、艾叶、羊红膻、麦芽、陈皮等都是应用得比较广泛的植物类中药。

通过对药用植物资源利用过程的物质集成和能量集成及过程耦合,实现药用植物资源有效成分最大利用和无效成分的充分开发,使药用植物各组分分层、多级定向转化,是实现药用成分生物量全利用的有效途径。

1.3 药用植物资源的生态产业集成

药用植物资源是自然界留给我们及子孙后代的宝贵财富,我们必须做到合理开发与有效保护,使生态效益、社会效益与经济效益和谐统一,为中药现代化及其产业的可持续发展奠定坚实的物质基础。