

# 植物活性物质 关键技术研究

赵鹏 / 著

 北京理工大学出版社  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

# 植物活性物质关键技术研究

赵 鹏 著

 **北京理工大学出版社**  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

---

图书在版编目 (CIP) 数据

植物活性物质关键技术研究 / 赵鹏著. —北京: 北京理工大学出版社, 2018. 9  
ISBN 978 - 7 - 5682 - 6429 - 7

I. ①植… II. ①赵… III. ①植物 - 生物活性 - 物质 - 研究 IV. ①Q942.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 231417 号

---

---

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 /

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 12.25

字 数 / 220 千字

版 次 / 2018 年 9 月第 1 版 2018 年 9 月第 1 次印刷

定 价 / 68.00 元

责任编辑 / 赵 岩

文案编辑 / 赵 岩

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

---

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

植物活性物质具有多种生物活性，近些年来发展迅速，市场潜力巨大。

时代的进步，带来人类对自然的回归，引领着崇尚天然的消费理念，全球人类包括衣食住行在内的生活方式都随之受到影响；科技的发展，使得人们对来自天然植物的活性成分有机会进行更深入更透彻的了解和领悟。

植物活性成分所具有的生物功效涵盖面相当广泛，从功能部位来看，其对心脑血管系统、消化道系统、免疫系统、神经系统、皮肤软组织及骨骼组织等均有改善或保护作用；具体来说，其对困扰着全人类的健康问题，如衰老、癌症、高血压、高血脂、免疫功能低下、心脑血管疾病、白内障等眼部疾病、骨质疏松以及肥胖症等均有良好的预防和治疗作用。

21 世纪的今天，植物活性成分开发已逐渐形成一个相对独立的技术密集的健康产业，并在功能性食品、医药品、化妆品等领域得到越来越广泛的应用，市场前景十分广阔。我国是世界植物资源王国，在发展植物活性成分产业方面具有独一无二的自然和人文优势。尽管近十年来国内相关产业的发展已取得长足的进步，并逐渐在世界范围内建立起产业和资源优势，但我国在该领域的基础和应用研究仍十分薄弱，无法适应日益蓬勃发展的产业需求。

本书立足科学性、实用性、简明性、启发性原则，利用国际互联网技术广泛吸收国外最新的研究成果，对今后相当长时间内植物活性物质生产技术的发展都具有重要的指导价值，可供医药工业、化妆品工业、农产品加工业、生物化工、食品工业等领域的科研、生产单位从业人员和管理决策人员参考，对相关学科的院校师生也有重要的参考价值。

本书由赵鹏著，同时本书的编写得到了北京理工大学出版社的大力支持，在此深表感谢。

书中引用了一些资料、图片，因地址不详，未能与有关作者取得联系，在此深表歉意。由于水平所限，错误与不足在所难免，敬请广大读者批评指正。

著 者

<b>第一章 有机硫化物的开发方法</b> .....	( 1 )
<b>第一节 异硫氰酸盐的提取方法</b> .....	( 1 )
一、蒸馏提取法 .....	( 2 )
二、化学合成法 .....	( 2 )
三、生物合成法 .....	( 4 )
<b>第二节 二烯丙基二硫化物的提取方法</b> .....	( 4 )
一、溶剂萃取法 .....	( 5 )
二、水蒸气蒸馏法 .....	( 5 )
三、超临界 CO <sub>2</sub> 萃取法 .....	( 6 )
<b>第二章 葱属植物精油类化合物的开发方法</b> .....	( 7 )
<b>第一节 大蒜精油或蒜素的提取方法</b> .....	( 8 )
一、水蒸气蒸馏法 .....	( 9 )
二、有机溶剂萃取法 .....	( 9 )
三、超临界 CO <sub>2</sub> 萃取法 .....	( 9 )
<b>第二节 洋葱精油的提取方法</b> .....	( 9 )
<b>第三节 葱属植物精油的应用前景</b> .....	( 10 )
<b>第三章 有机酸化合物的开发方法</b> .....	( 12 )
<b>第一节 羟基柠檬酸的提取方法</b> .....	( 12 )
一、由藤黄果实中提取羟基柠檬酸 .....	( 13 )
二、羟基柠檬酸的化学合成 .....	( 14 )
三、羟基柠檬酸的应用 .....	( 15 )

第二节 丙酮酸的开发方法	( 17 )
一、丙酮酸的化学合成	( 18 )
二、丙酮酸的发酵法生产	( 20 )
三、酶转化法生产丙酮酸	( 24 )
四、丙酮酸盐的生产	( 27 )
第三节 阿魏酸的提取方法	( 29 )
一、碱解法	( 29 )
二、化学合成法	( 30 )
三、生物合成法	( 30 )
第四节 鞣花酸的提取方法	( 31 )
一、从植物中提取鞣花酸	( 31 )
二、通过单宁分解制备鞣花酸	( 31 )
三、通过单宁氧化制备鞣花酸	( 33 )
四、由没食子酸或没食子酸酯通过氧化聚合作用制取	( 33 )
<b>第四章 葡萄化合物的开发方法</b>	( 35 )
第一节 葡萄籽萃取物的提取方法	( 36 )
第二节 葡萄化合物的应用前景	( 38 )
<b>第五章 有机醇化合物的开发方法</b>	( 39 )
第一节 白藜芦醇的提取方法	( 39 )
第二节 植物甾醇的提取方法	( 44 )
一、植物甾醇的制备原理及方法	( 46 )
二、植物甾醇的提取工艺	( 47 )
三、植物甾醇的精制	( 49 )
四、植物甾醇中各组分的分离与精制	( 51 )
第三节 谷维素的提取方法	( 52 )
一、酸化蒸馏法	( 53 )
二、弱酸取代法	( 53 )
三、甲醇萃取法	( 54 )
四、吸附法	( 55 )
五、非极性溶剂萃取法	( 55 )
六、溶剂分提法	( 56 )
第四节 廿八醇的提取方法	( 57 )
第五节 肌醇的提取方法	( 58 )
<b>第六章 柑橘化合物的开发方法</b>	( 61 )
第一节 橙黄色素的提取方法	( 62 )

第二节 橘皮苷的提取方法 .....	( 63 )
第三节 酶改性橘皮苷或柚皮苷的应用前景 .....	( 64 )
一、酶改性橘皮苷的化学结构 .....	( 64 )
二、酶改性橘皮苷的生产技术 .....	( 64 )
<b>第七章 类胡萝卜化合物的开发方法 .....</b>	<b>( 69 )</b>
第一节 叶黄素的提取方法 .....	( 71 )
一、叶黄素酯的提取 .....	( 72 )
二、美国专利 5382714 提出的游离叶黄素制备法 .....	( 75 )
三、美国专利 5648564 提出的游离叶黄素制备法 .....	( 77 )
四、美国专利 6504067 提出的游离叶黄素制备法 .....	( 78 )
五、美国专利 6262248 提出的游离叶黄素制备法 .....	( 79 )
第二节 番茄红素的开发方法 .....	( 80 )
一、番茄红素的提取 .....	( 80 )
二、番茄红素的合成 .....	( 84 )
第三节 角黄素的开发方法 .....	( 85 )
一、化学合成法 .....	( 85 )
二、生物技术法 .....	( 87 )
第四节 隐黄素的开发方法 .....	( 88 )
一、从天然植物中提取隐黄素 .....	( 88 )
二、生物合成法制备隐黄素 .....	( 89 )
第五节 玉米黄质的提取方法 .....	( 90 )
一、萃取法 .....	( 91 )
二、生物合成法 .....	( 92 )
三、异构化法 .....	( 92 )
<b>第八章 苹果多酚的开发方法 .....</b>	<b>( 95 )</b>
第一节 苹果多酚的提取方法 .....	( 95 )
一、从未成熟苹果中制备苹果多酚的工艺 .....	( 95 )
二、苹果多酚的物性 .....	( 96 )
三、苹果多酚在食品工业中的应用 .....	( 97 )
第二节 苹果多酚的应用前景 .....	( 97 )
<b>第九章 生物类黄酮化合物的开发方法 .....</b>	<b>( 98 )</b>
第一节 竹叶提取物的提取方法 .....	( 99 )
第二节 槲皮素的提取方法 .....	( 101 )
一、提取分离法 .....	( 101 )
二、酸水解法 .....	( 101 )

三、酶法转化 .....	(101)
第三节 大豆异黄酮的提取方法 .....	(102)
一、大豆异黄酮的提取 .....	(103)
二、大豆异黄酮的合成 .....	(106)
第四节 染料木黄酮的提取方法 .....	(108)
一、染料木黄酮的提取 .....	(109)
二、染料木黄酮的合成 .....	(110)
<b>第十章 芝麻及亚麻木酚素化化合物的开发方法 .....</b>	<b>(112)</b>
第一节 芝麻木酚素的提取方法 .....	(112)
一、芝麻木酚素的制备 .....	(113)
二、芝麻木酚素的应用前景 .....	(113)
第二节 亚麻木酚素的提取方法 .....	(114)
<b>第十一章 原花青素和花色苷化化合物的开发方法 .....</b>	<b>(115)</b>
第一节 水皂角的提取方法 .....	(116)
第二节 葡萄籽原花青素的提取方法 .....	(116)
一、原花青素的提取 .....	(117)
二、原花青素的提纯 .....	(117)
第三节 松树皮提取物的提取方法 .....	(119)
第四节 欧洲越橘提取物的提取方法 .....	(120)
一、欧洲越橘中花色苷的生物合成 .....	(120)
二、欧洲越橘提取物的生产技术 .....	(121)
<b>第十二章 茶多酚化化合物的开发方法 .....</b>	<b>(122)</b>
第一节 溶剂萃取法 .....	(122)
第二节 沉淀法 .....	(123)
第三节 吸附法 .....	(124)
第四节 绿茶中茶多酚化化合物的提取方法 .....	(124)
第五节 茶多酚化化合物的应用前景 .....	(125)
<b>第十三章 生物碱化化合物的开发方法 .....</b>	<b>(127)</b>
第一节 喜树碱的提取方法 .....	(127)
一、有机溶剂法 .....	(128)
二、碱法 .....	(129)
三、柱层析法 .....	(129)
四、树脂吸附法 .....	(130)
第二节 喜树碱全化学合成的方法 .....	(130)

第三节 喜树碱衍生物半化学合成的方法 .....	(132)
一、HCPT .....	(132)
二、CPT - II .....	(133)
三、TPT .....	(134)
四、9 - NC 和 9 - AC .....	(134)
第四节 紫杉醇的提取方法 .....	(134)
一、有机溶剂提取法 .....	(136)
二、超临界流体萃取法 .....	(137)
三、紫杉醇的提纯 .....	(138)
第五节 紫杉醇化学全合成的方法 .....	(140)
一、Holton 路线 .....	(140)
二、Nicolaou 路线 .....	(140)
三、Danishefsky 路线 .....	(141)
第六节 紫杉醇化学半合成的方法 .....	(141)
一、以 10 - 去乙酰基巴卡亭 III 为前体 .....	(142)
二、以 10 - 去乙酰紫杉醇为前体 .....	(142)
第七节 紫杉醇发酵的方法 .....	(142)
一、产生紫杉醇的真菌 .....	(142)
二、提高紫杉醇产量的途径 .....	(143)
第八节 紫杉醇生物合成的方法 .....	(144)
一、紫杉烷三环二萜骨架的形成 .....	(144)
二、紫杉醇 C - 13 侧链的形成 .....	(146)
三、母体与侧链结合 (酰化反应) .....	(146)
第九节 细胞培养法生产紫杉醇 .....	(146)
一、培养条件 .....	(146)
二、代谢调节 .....	(147)
第十四章 姜类化合物的开发方法 .....	(148)
第一节 姜精油的提取方法 .....	(148)
一、姜精油的提取 .....	(148)
二、姜精油的应用前景 .....	(149)
第二节 姜油树脂 (姜辣素) 的提取方法 .....	(149)
一、姜油树脂的萃取 .....	(149)
二、姜油树脂的物化性质 .....	(149)
三、姜油树脂的应用前景 .....	(150)

<b>第十五章 萜类化合物的开发方法</b> .....	(151)
第一节 柠檬烯的生产方法 .....	(152)
一、柠檬烯的提取 .....	(152)
二、柠檬烯的化学合成 .....	(155)
第二节 森林匙羹藤酸的提取方法 .....	(156)
<b>第十六章 皂苷化合物的开发方法</b> .....	(158)
第一节 苜蓿皂苷的提取方法 .....	(158)
一、苜蓿皂苷的提取 .....	(159)
二、苜蓿皂苷的提纯 .....	(160)
第二节 大豆皂苷的提取方法 .....	(160)
一、有机溶剂法提取大豆皂苷 .....	(160)
二、吸附层析法提取大豆皂苷 .....	(161)
第三节 绞股蓝皂苷的提取方法 .....	(161)
一、绞股蓝皂苷的提取 .....	(162)
二、绞股蓝皂苷的提纯 .....	(163)
三、绞股蓝皂苷的生产工艺实例 .....	(164)
第四节 人参皂苷的提取方法 .....	(165)
一、人参愈伤组织的液相静态培养 .....	(167)
二、人参愈伤组织的细胞悬浮培养 .....	(167)
三、皂苷的提取和分离 .....	(172)
<b>第十七章 辣椒素的开发方法</b> .....	(173)
第一节 天然提取法 .....	(174)
第二节 酶合成法 .....	(175)
第三节 细胞培养法 .....	(175)
<b>第十八章 姜黄素的开发方法</b> .....	(177)
第一节 有机溶剂提取法 .....	(178)
第二节 其他提取法 .....	(179)
<b>第十九章 洛伐他汀的开发方法</b> .....	(180)
第一节 液态发酵法生产洛伐他汀 .....	(181)
第二节 固态发酵法生产洛伐他汀 .....	(184)
第三节 生化合成法生产洛伐他汀 .....	(185)

# 有机硫化合物的开发方法

近年来，有机硫化合物备受人们关注。目前的许多研究表明，有机硫化合物具有抗肿瘤功效。这类有机硫化合物，主要存在于百合目石蒜科植物和十字花科植物中。

硫代葡萄糖苷又称葡萄糖异硫氰酸盐或芥子油苷，广泛存在于十字花科植物中，如卷心菜、甘蓝、油菜、芥菜、花椰菜、芜菁、萝卜等。在葡萄糖苷酶的水解作用下，芥子油苷生物转化产生异硫氰酸盐、硫氰酸酯和吲哚。异硫氰酸盐能有效抑制细胞色素 P450 酶代谢产生的致癌物质，其抗肿瘤活性还与其分子结构有关，具有高度选择性。

二烯丙基硫化物存在于大蒜、洋葱、韭菜和细香葱中，大蒜具有消炎、抗癌、增强免疫功能、延缓衰老、治疗心血管等疾病的功效，其中的含硫化合物起了很重要的作用。大蒜中这类二烯丙基硫化物有 30 多种，主要的二烯丙基硫化物有二烯丙基一硫化物、二烯丙基二硫化物和二烯丙基三硫化物，其中以二烯丙基二硫化物的生物活性最高。当上述植物被切割或捣碎时，二烯丙基硫化物在这些植物中是以游离态存在的，其一旦被氧化，将生成各种生物转化产物。二烯丙基硫化物具有抗突变、抗癌及保护免疫系统和心血管系统的特性，同时也表现出抗肿瘤、真菌和寄生物等增长活性，且能激活肝脏解毒的酶系统和抑制细菌、病毒的活性。

## 第一节 异硫氰酸盐的提取方法

异硫氰酸盐是一大类物质，主要为异硫代氰酸酯，是硫代葡萄糖苷的共轭物。

这是一类具有挥发性的油状液体，一般具有特殊气味。异硫氰酸盐习惯上被称为芥子油苷，但实际上异硫氰酸盐只是芥子油苷的降解产物。芥子油苷在植物中分布很广泛，现在被鉴定的芥子油苷已有 100 多种，主要存在于十字花科类植物中。

芥子油苷的降解产物除了部分具有毒性外，其他降解产物，特别是含芳香烷和甲基亚黄酰烷侧链的异硫氰酸盐有很强的抗癌活性。这一类天然异硫氰酸盐是迄今为止已知的癌症预防因子中最有效的一类。

目前，异硫氰酸盐的开发方法有蒸馏提取法、化学合成法和生物合成法。

## 一、蒸馏提取法

直接从天然物质中提取异硫氰酸盐常以十字花科植物为原料。首先挑选无虫蛀、无霉烂的芥末籽，将其粉碎，然后和 pH 为 4.2 的邻苯二甲酸氢钾 - 氢氧化钠缓冲液一起放到容器里进行恒温水解（70 ℃，2 h），然后进行水蒸气蒸馏，蒸馏后的液体用乙醚萃取，为提高产品的纯度，可以重复萃取多次（一般萃取 3 ~ 4 次），然后进行干燥（一般采用无水硫酸钠），干燥后过滤去除杂质，最后除去乙醚就得到了产品芥子油（异硫氰酸盐混合物）。具体工艺流程如图 1-1 所示。

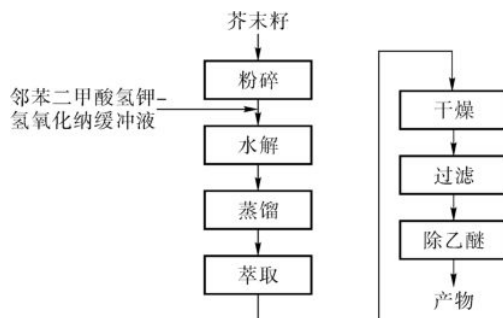


图 1-1 异硫氰酸盐的蒸馏提取流程图

## 二、化学合成法

有苄基、乙酰基等保护的糖基异硫氰酸盐的合成方法见图 1-2。在溴化四丁胺（或氯化四丁胺）和分子筛存在的条件下，以乙腈为反应溶剂，用有苄基、乙酰基等保护的糖基卤化物（一般是氯化物和溴化物）与过量异硫氰酸钾（或异硫氰酸银）反应即可生成带有糖基侧链的异硫氰酸盐。

图 1-3 所示的方法主要适用于脂肪族异硫氰酸盐的合成。该方法以氯仿为反应溶剂，在三乙胺存在的条件下，使冷却的二硫化碳与脂肪族伯胺反应；然后，在低温下缓慢加入相应的烷基溴或烷基碘。整个反应过程必须在低温下进行，反应结束后，将中间体二硫化氨基甲酸酯热解即得到相应的脂肪族异硫氰酸盐。

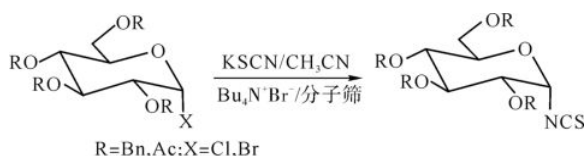


图 1-2 异硫氰酸盐的合成方法

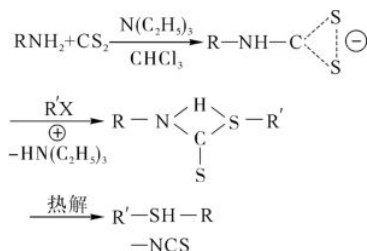


图 1-3 脂肪族异硫氰酸盐的合成方法

图 1-4 所示的方法适用于常见的芳香族、烷基、环烷基异硫氰酸盐的合成。该方法是将烷基或芳基取代的氨基磷酸二乙酯的苯溶液滴加到含有刚刚从石蜡油中取出并用乙烯洗过的氢化钠和溴化四丁胺的苯溶液中，待不再有氢气放出的时候，反应停止；往反应液中加入二硫化碳继续反应，反应完毕后，经处理后即得相应的异硫氰酸盐。

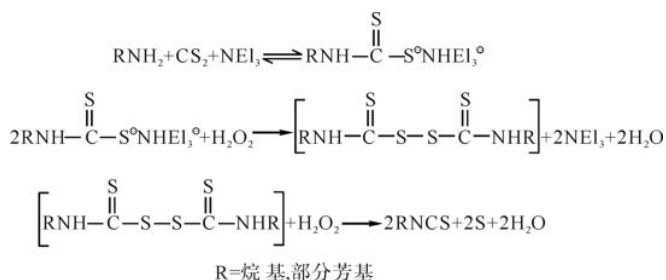


图 1-4 脂肪族和部分芳香族伯胺的异硫氰酸盐的合成方法

图 1-5 所示的方法适用于脂肪族和部分芳香族伯胺的异硫氰酸盐的合成。该方法是在搅拌条件下，以四氢呋喃为溶剂，将伯胺和一定当量的碱与冰冷的二硫化碳反应，接着往反应液中滴加 30% 的过氧化氢，在特定的条件下继续反应。反应完毕后，用盐酸中和反应液，经处理后即得相应的异硫氰酸盐。

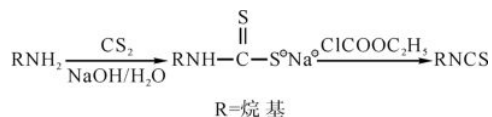


图 1-5 脂肪族异硫氰酸盐的又一合成方法

图 1-5 所示的方法适用于脂肪族异硫氰酸盐的合成。该方法是在二硫化碳的氢氧化钠水溶液中滴加脂肪族伯胺，控制反应温度和时间，反应完毕得到中间体——烷基取代的二硫代氨基甲酸钠盐。往中间体中滴加氯甲酸乙酯，继续反应，反应完毕后，经处理得相应的脂肪族异硫氰酸盐。

一般的烷基或芳基取代的异硫氰酸盐的合成常采用如下方法：在氯仿和水的两相溶剂中，向里面加入少量路易斯碱，使伯胺与硫代光气在激烈的搅拌条件下反应，待反应完毕后，经简单处理后即得相应的异硫氰酸盐。

### 三、生物合成法

近年来随着生物技术的发展，用生物合成法制备芥子油苷也被提到议事日程上来。

通过体内标记技术，目前已经确定了芥子油苷生物合成的大部分中间产物，而芥子油苷合成途径的关键反应步骤也得到鉴定。

所有的芥子油苷都来源于氨基酸，其中脂肪类芥子油苷来源于甲硫氨酸，芳香类芥子油苷来源于苯丙氨酸，吲哚类芥子油苷来源于色氨酸。以脂肪类芥子油苷的生物合成为例，芥子油苷的生物合成包含了 3 个独立的步骤：

- ①侧链的伸长；
- ②葡萄糖基的形成；
- ③葡萄糖配基侧链的二次修饰，包含了羟化、甲基化、氧化和去饱和等。

侧链的修饰是芥子油苷种类较为丰富的原因，一般来说，脂肪类芥子油苷的侧链修饰发生较多。近年来的一些研究表明，细胞色素 P450 亚家族 CYP75 参与芥子油苷的生物合成的第一步，即催化氨基酸形成乙醛肟。一些相关基因相继被克隆，如 CYP79A2、CYP7982、CYP7983 和 CYP79F1 等。其中 CYP79A2 以苯丙氨酸作为底物，CYP7982 与吲哚类芥子油苷的合成有关，CYP79F1 则与短链脂肪类芥子油苷的合成有关。除了遗传因素之外，芥子油苷的合成还受到一些其他因子的调节，如在植物不同发育阶段、不同器官和组织中芥子油苷的合成有差异，在拟南芥和青花菜中，幼叶为芥子油苷合成的主要部位。许多外源因子，如硫和氮的水平、水势、光、机械损伤、动物捕食、病原体侵染等也影响芥子油苷的生物合成；外源激素处理（如茉莉酸、水杨酸等）也能促进叶子中芥子油苷的积累。

## 第二节 二烯丙基二硫化物的提取方法

二烯丙基二硫化物（Diallyl Disulfide），又名双-2-丙烯基二硫化物，分子式为  $C_6H_{10}S_2$ ，相对分子质量为 146.28，化学结构式见图 1-6。从大蒜提取出来的精油中二烯丙基二硫化物的含量可高达 60%。二烯丙基二硫化物为无色至淡黄色、带有特殊大蒜样气味的油状液体，其氧化物为大蒜辣素。



图 1-6 二烯丙基二硫化物的结构式

## 一、溶剂萃取法

### 1. 常温法

选取成熟、干燥、无虫蛀、无霉烂、不发热、不变质的蒜头，然后去蒂、分瓣、剥内衣，用清水漂洗，除去杂质、浮皮及不合要求的蒜粒，用粉碎机（或石磨）把蒜粒粉碎成糊状。将蒜糊放入烘箱或烘房，以文火烘干，温度控制在 60~65℃，烘 6~8 h，每隔 2 h 翻动 1 次，使蒜糊受热均匀，严防温度过高而烧焦或炭化，随后将干蒜糊送入粉碎机磨成粉，过 80~100 目筛，放置于非铁、铝的容器内，或直接将蒜粉放入 30~40℃ 酒内密封浸泡 6 h 除臭（蒜粉与酒的比例为 1:3），接着用倾泻法或抽滤法，将泡好的橘黄或淡黄色溶液静置分离后的上层溶液取出，即为无臭蒜素原液，然后通过进一步分离即可得产品二烯丙基二硫化物。工艺流程见图 1-7。

### 2. 低温法

将选捡好的蒜粒晾干，然后用粉碎机粉碎后，适当加水用压榨机榨汁，将蒜液放入容器内，在 5~10℃ 条件下静置 5 天脱臭；然后将经过脱臭处理的蒜液，按每 50 kg 加入菜油或豆油 20 kg 的比例配制后，用搅拌机快速搅拌，再静置 5 天，待溶液分层后进行抽滤分离，即上层为食用植物油，下层则是半透明、微黄色的无臭蒜素原液，进一步分离即得成品二烯丙基二硫化物。工艺流程见图 1-8。

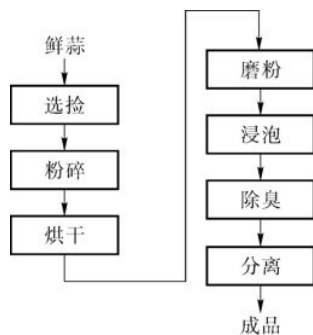


图 1-7 常温法提取二烯丙基二硫化物的工艺流程图

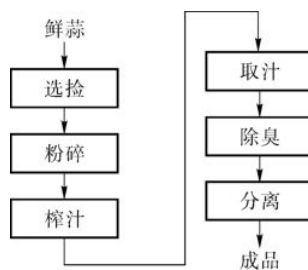


图 1-8 低温法提取二烯丙基二硫化物的工艺流程图

## 二、水蒸气蒸馏法

水蒸气蒸馏法的前面步骤均与溶剂萃取法相同，但在酶解过程中，由于蒜油

(蒜素)是蒜氨酸在酶(蒜氨酸酶)的作用下转化而来的,所以酶解温度、时间和pH值会直接影响到蒜油产率。一般在pH 6~6.5、温度25~35℃下酶解3~4h,酶解结束后将捣碎的蒜浆投入蒸馏釜内,按每1kg大蒜加水3.5~4.5L的比例加入清水,然后用水蒸气直接加热,蒜油即随着水蒸气而不断被蒸馏出来,其蒸出液通过冷凝器冷却。工艺流程见图1-9。

### 三、超临界CO<sub>2</sub>萃取法

由于大蒜的有效成分为热敏性物质,为避免高温的影响,采用超临界CO<sub>2</sub>萃取法,在低温条件下完成提取,可以提高得率,并且超临界CO<sub>2</sub>萃取法的操作方便、精确、快捷。

在该方法中,除超临界CO<sub>2</sub>萃取工序外,其他工序均与前面类似。在进行超临界CO<sub>2</sub>萃取时,首先将处理好的浆状或粒状大蒜装入萃取釜,然后打开CO<sub>2</sub>钢瓶,让CO<sub>2</sub>经过过滤器进入隔膜式压缩机,加压至需要的压力后被送入缓冲罐,再经过压力调节阀进入预热器,待CO<sub>2</sub>被预热至工作温度,将其保温送入萃取釜进行萃取,溶有大蒜提取物的CO<sub>2</sub>从萃取釜出来后经由减压阀减至常压,于是CO<sub>2</sub>失去溶解能力,在采样瓶中释放出提取物,然后CO<sub>2</sub>从采样瓶中逸出,经过累加流量计放空,最后经净化处理后CO<sub>2</sub>再被回收使用。工艺流程见图1-10。

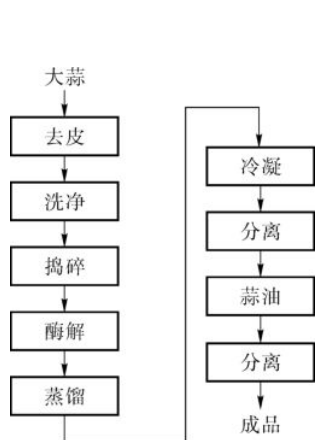


图1-9 蒸馏法提取二烯丙基二硫化物的工艺流程图

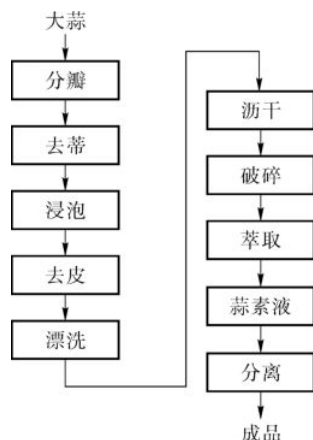


图1-10 超临界CO<sub>2</sub>萃取法提取二烯丙基二硫化物的工艺流程图

应用超临界CO<sub>2</sub>萃取法最大的优点是在近常温下提取并分离,避免了高温,有效地防止了大蒜有效成分的氧化和降解,保存了其天然品性,实验证明超临界提取物的抑菌作用是水蒸气蒸馏法提取物的3~6倍。另外CO<sub>2</sub>自身的溶解性导致它可以循环萃取,不需回收溶剂,大大缩短了工艺流程,降低了成本,并且提取过程无溶剂残留,易得到纯净的萃取物。