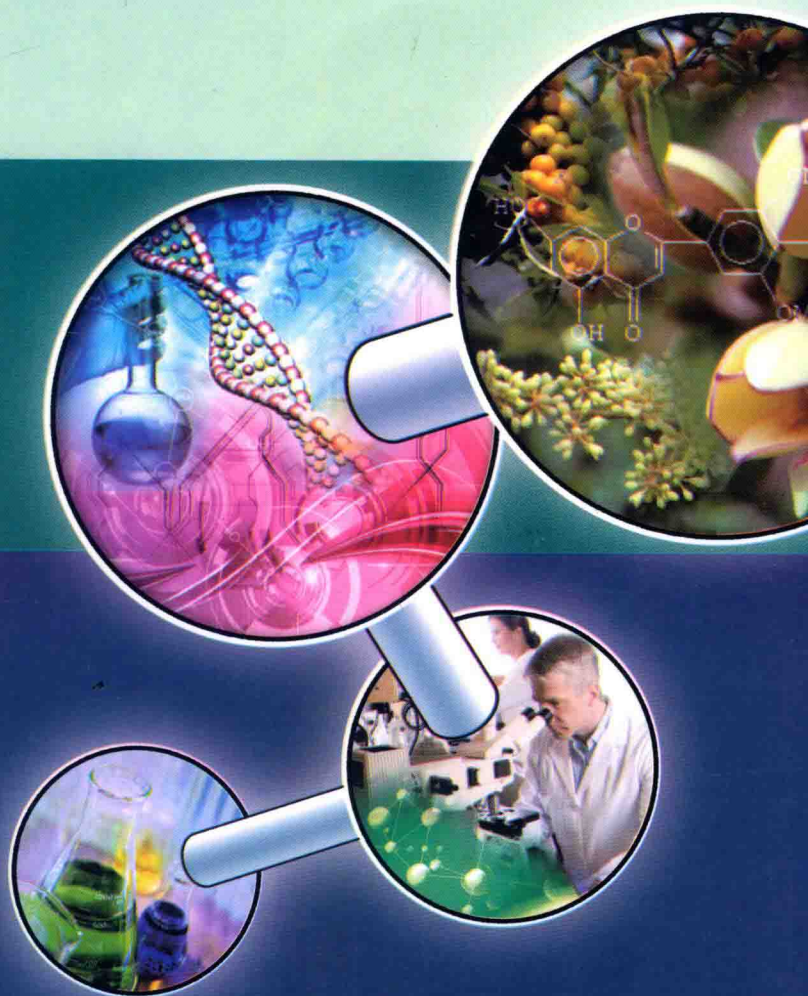


高等院校“十二五”规划教材 / 食品科学与工程系列

# 生物活性成分分离技术

● 主编 王振宇 赵海田



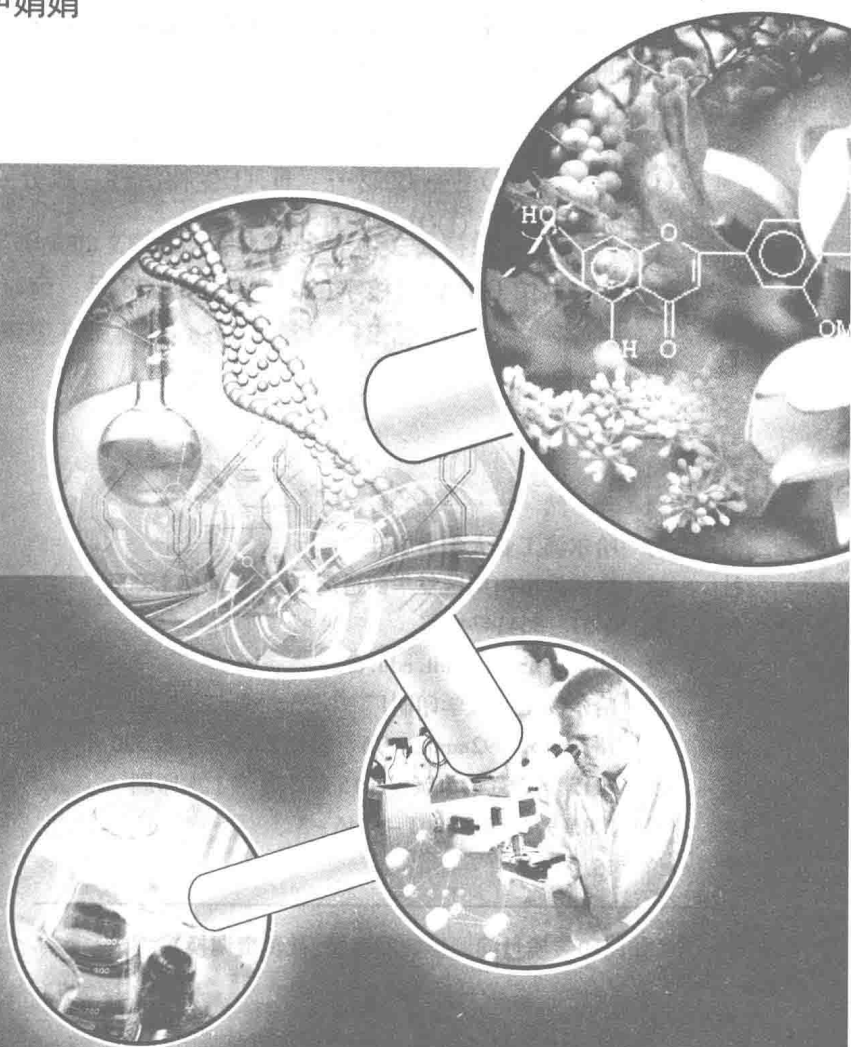
哈尔滨工业大学出版社

高等院校“十二五”规划教材 / 食品科学与工程系列

食品科学

# 生物活性成分分离技术

- 主 编 王振宇 赵海田
- 副 主 编 程翠林 井 晶 张 华 卢卫红
- 参编人员 白海娜 刁 岩 李 辉 邱军强  
负可力 伊娟娟
- 主 审 王 路



## 内 容 简 介

随着生物技术的迅速发展、新型天然产物工程(动物、植物及微生物)制品及功能活性物质的不断发现与开发,天然产物分离技术成为现代生物技术的核心。它决定着天然产物制品的功效、安全及成本,同时决定着在生物领域中的竞争能力。本书兼顾了天然产物分离技术的前瞻性、实用性、系统性和科学性,分为2部分,共21章,第1部分介绍了萜类、多酚类、甾体及其苷类化合物、脂肪酸、生物碱、多糖、氨基酸、蛋白类及核酸等生物活性成分的性质、分类和生理功能;第2部分重点阐述了天然产物的分离技术,包括离心分离、超声波萃取、微波萃取、超临界流体萃取、反胶束萃取、强电场萃取、双水相萃取、层析技术、膜分离技术、液膜分离、分子蒸馏、泡沫分离技术及分子印迹技术的基本原理、工艺技术、设备参数和应用实例。

本书可作为生物化工、医药、食品、营养、能源、环境等专业科研人员的工具书,也可作为高等学校上述专业的本科生、研究生教材或参考用书。

## 图书在版编目(CIP)数据

生物活性成分分离技术/王振宇,赵海田主编. —哈尔滨:  
哈尔滨工业大学出版社,2015.5  
ISBN 978-7-5603-5346-3

I. ①生… II. ①王… ②赵… III. ①生物活性-成分-  
分离-生物工程 IV. ①Q1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 087078 号

策划编辑 杜 燕  
责任编辑 郭 然  
出版发行 哈尔滨工业大学出版社  
社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006  
传 真 0451-86414749  
网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>  
印 刷 哈尔滨工业大学印刷厂  
开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 22.5 字数 520 千字  
版 次 2015 年 5 月第 1 版 2015 年 5 月第 1 次印刷  
书 号 ISBN 978-7-5603-5346-3  
定 价 46.00 元

---

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

# 前 言

本书是在哈尔滨工业大学食品科学与工程学院开设的研究生专业课“高等生物分离技术”的基础上,不断适应新的教学需求,并由哈尔滨工业大学研究生教育教学改革研究项目(编号:JCJS201314)资助而编写的专业课教材。全书分2部分共21章,兼顾了应用技术的前沿性、实用性、系统性和科学性。重点介绍了生物来源的蛋白质、多肽、有机酸、多糖、生物碱、多酚、脂类等生物活性物质的分离纯化技术;同时对现代分离纯化方法进行了大量阐述,如新型萃取、膜分离、离心分离、色谱分离、分子蒸馏、亲和层析技术等,并将生物分离过程科学与化学、生物化学及分子生物学等理论进行了有机的结合。通过对本书的阅读可了解各种生物活性物质性质、功能和分离纯化技术,有利于从事食品、药品、天然活性制品及能源等领域的技术人员解决理论与实践问题。

本书编写分工如下:第1,2章由赵海田编写;第3,4章由井晶编写;第5,6章由张华编写;第7,8章由白海娜编写;第9,10章由伊娟娟编写;第11,12章由负可力编写;第13,14章由邱军强编写;第15章由程翠林编写;第16章由卢卫红编写;第17章由王振宇编写;第18,19章由刁岩编写;第20,21章由李辉编写。王振宇、赵海田负责全书的资料搜集整理工作。哈尔滨工业大学王路副教授在百忙之中对本书进行了审阅。同时,哈尔滨工业大学马立明老师、王哲研究生等对本书提供了很大帮助,在此一并表示感谢。

本书在编写过程中参考了相关的文献及著作,在此对相关资料的作者表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中难免有疏漏之处,敬请批评指正!

编 者  
2015年2月

# 目 录

## 第1部分 生物活性成分介绍

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 第1章 萜类物质 .....           | 3  |
| 1.1 概念 .....             | 3  |
| 1.2 萜类化合物的理化性质 .....     | 10 |
| 1.3 萜类化合物的生理活性 .....     | 12 |
| 1.4 萜类化合物的分离提取方法 .....   | 12 |
| 1.5 萜类化合物生理功能的应用 .....   | 16 |
| 参考文献 .....               | 17 |
| 第2章 多酚类 .....            | 19 |
| 2.1 多酚类物质的化学结构及分类 .....  | 19 |
| 2.2 理化性质 .....           | 22 |
| 2.3 多酚类物质的生理功能 .....     | 23 |
| 2.4 分离提取方法 .....         | 24 |
| 2.5 应用 .....             | 26 |
| 参考文献 .....               | 27 |
| 第3章 甾体及其苷类化合物 .....      | 29 |
| 3.1 概述 .....             | 29 |
| 3.2 $C_{21}$ 甾类化合物 ..... | 31 |
| 3.3 强心苷类化合物 .....        | 32 |
| 3.4 甾体皂苷 .....           | 34 |
| 参考文献 .....               | 40 |
| 第4章 脂肪酸 .....            | 43 |
| 4.1 概述 .....             | 43 |
| 4.2 理化性质 .....           | 45 |
| 4.3 生理功能 .....           | 48 |
| 4.4 分离提取方法 .....         | 51 |
| 4.5 应用 .....             | 56 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 参考文献 .....            | 56  |
| 第5章 生物碱 .....         | 59  |
| 5.1 概念 .....          | 59  |
| 5.2 理化性质 .....        | 59  |
| 5.3 生理功能 .....        | 61  |
| 5.4 提取分离方法 .....      | 63  |
| 5.5 应用 .....          | 66  |
| 参考文献 .....            | 67  |
| 第6章 多糖 .....          | 69  |
| 6.1 多糖的概念、分类及结构 ..... | 69  |
| 6.2 多糖的理化性质 .....     | 71  |
| 6.3 多糖的生理功能 .....     | 71  |
| 6.4 多糖构效关系 .....      | 75  |
| 6.5 分离提取方法 .....      | 77  |
| 6.6 多糖的纯化 .....       | 78  |
| 6.7 多糖结构表征 .....      | 82  |
| 6.8 多糖的应用 .....       | 84  |
| 参考文献 .....            | 86  |
| 第7章 氨基酸、蛋白类 .....     | 88  |
| 7.1 氨基酸 .....         | 88  |
| 7.2 蛋白质 .....         | 97  |
| 参考文献 .....            | 104 |
| 第8章 核酸 .....          | 106 |
| 8.1 概述 .....          | 106 |
| 8.2 核酸的理化性质 .....     | 109 |
| 8.3 核酸的生理功能 .....     | 111 |
| 8.4 核酸的分离提取 .....     | 112 |
| 8.5 核酸的应用 .....       | 113 |
| 参考文献 .....            | 114 |

## 第2部分 分离技术

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 第9章 离心分离 .....      | 119 |
| 9.1 概述 .....        | 119 |
| 9.2 基本原理 .....      | 120 |
| 9.3 工艺流程及设备参数 ..... | 124 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 9.4 离心分离技术的应用 .....           | 129 |
| 参考文献 .....                    | 131 |
| 第10章 超声波萃取 .....              | 133 |
| 10.1 概述 .....                 | 133 |
| 10.2 原理 .....                 | 134 |
| 10.3 工艺流程及参数因素 .....          | 137 |
| 10.4 应用与展望 .....              | 139 |
| 参考文献 .....                    | 142 |
| 第11章 微波萃取 .....               | 144 |
| 11.1 概述 .....                 | 144 |
| 11.2 微波提取的基本原理 .....          | 145 |
| 11.3 微波提取动力学模型 .....          | 146 |
| 11.4 工艺流程及设备 .....            | 148 |
| 11.5 影响分离的工艺参数因素 .....        | 149 |
| 11.6 微波萃取技术在生物工程领域的应用实例 ..... | 151 |
| 参考文献 .....                    | 153 |
| 第12章 超临界流体萃取 .....            | 157 |
| 12.1 概述 .....                 | 157 |
| 12.2 超临界流体萃取基本原理 .....        | 159 |
| 12.3 工艺流程图与参数因素 .....         | 161 |
| 12.4 应用与展望 .....              | 163 |
| 参考文献 .....                    | 166 |
| 第13章 反胶束萃取 .....              | 169 |
| 13.1 概述 .....                 | 169 |
| 13.2 反胶束萃取蛋白质的基本原理 .....      | 171 |
| 13.3 反胶束萃取蛋白质的工艺流程及参数因素 ..... | 174 |
| 13.4 反胶束萃取技术的应用与展望 .....      | 175 |
| 13.5 反胶束萃取蛋白质的开发与展望 .....     | 178 |
| 参考文献 .....                    | 179 |
| 第14章 强电场萃取 .....              | 181 |
| 14.1 概述 .....                 | 181 |
| 14.2 原理 .....                 | 181 |
| 14.3 工艺流程及设备 .....            | 184 |
| 14.4 影响分离的工艺参数因素 .....        | 185 |
| 14.5 强电场萃取技术在天然产物提取中的应用 ..... | 187 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 参考文献 .....             | 193 |
| 第 15 章 双水相萃取 .....     | 196 |
| 15.1 概述 .....          | 196 |
| 15.2 原理 .....          | 196 |
| 15.3 工艺流程及参数因素 .....   | 198 |
| 15.4 应用与展望 .....       | 202 |
| 参考文献 .....             | 204 |
| 第 16 章 层析技术 .....      | 205 |
| 16.1 概述 .....          | 205 |
| 16.2 吸附层析 .....        | 207 |
| 16.3 分配层析 .....        | 210 |
| 16.4 离子交换层析 .....      | 213 |
| 16.5 凝胶过滤层析 .....      | 218 |
| 16.6 亲和层析 .....        | 222 |
| 16.7 高效液相层析法 .....     | 228 |
| 16.8 模拟移动床的层析技术 .....  | 234 |
| 参考文献 .....             | 241 |
| 第 17 章 膜分离技术 .....     | 243 |
| 17.1 概述 .....          | 243 |
| 17.2 微滤 .....          | 249 |
| 17.3 超滤 .....          | 257 |
| 17.4 纳滤 .....          | 269 |
| 17.5 亲和膜分离 .....       | 274 |
| 参考文献 .....             | 279 |
| 第 18 章 液膜分离 .....      | 282 |
| 18.1 概述 .....          | 282 |
| 18.2 液膜分离的机理 .....     | 285 |
| 18.3 液膜组成及分离操作过程 ..... | 287 |
| 18.4 影响液膜分离效果的因素 ..... | 289 |
| 18.5 液膜分离法的应用 .....    | 292 |
| 参考文献 .....             | 296 |
| 第 19 章 分子蒸馏 .....      | 300 |
| 19.1 概述 .....          | 300 |
| 19.2 基本原理 .....        | 301 |
| 19.3 工艺流程及设备 .....     | 307 |

|        |                          |     |
|--------|--------------------------|-----|
| 19.4   | 影响分离的工艺参数因素 .....        | 311 |
| 19.5   | 分子蒸馏技术在生物工程领域的应用实例 ..... | 312 |
|        | 参考文献 .....               | 322 |
| 第 20 章 | 泡沫分离技术 .....             | 325 |
| 20.1   | 概述 .....                 | 325 |
| 20.2   | 原理 .....                 | 325 |
| 20.3   | 工艺流程及参数因素 .....          | 328 |
| 20.4   | 应用与展望 .....              | 334 |
|        | 参考文献 .....               | 336 |
| 第 21 章 | 分子印迹 .....               | 338 |
| 21.1   | 概述 .....                 | 338 |
| 21.2   | 原理 .....                 | 339 |
| 21.3   | 工艺流程及参数因素 .....          | 340 |
| 21.4   | 应用与展望 .....              | 346 |
|        | 参考文献 .....               | 349 |

## 第 1 部分 生物活性成分介绍



# 第1章 萜类物质

## 1.1 概 念

萜类(terpenes)化合物是广泛存在于自然界的天然产物中的一类非常重要的烃类化合物,其结构特点是它们的碳骨架都可以看作是由异戊二烯的聚合体及其含氧的饱和程度不等的衍生物。因此,凡是由异戊二烯衍生,且分子式符合 $(C_5H_8)_n$  ( $n \geq 2$ )通式的衍生物,均可以称为萜类化合物。

萜类化合物的分类方法有很多种,最常见的就是按照其分子中所含有的异戊二烯数量进行分类,如单萜、倍半萜、二萜、二倍半萜、三萜、四萜和多萜,其中单萜和倍半萜为挥发油的组成成分,具体见表1.1。

表 1.1 萜类化合物的分类与分布

| 类别                       | 异戊二烯单位数 | 碳原子数 | 存在            | 含氧衍生物       |
|--------------------------|---------|------|---------------|-------------|
| 半萜<br>(hemiterpenes)     | 1       | 5    | 植物叶           | 醇、醛、酸等      |
| 单萜<br>(monoterpenes)     | 2       | 10   | 挥发油           | 醇、醛、酮、醚等    |
| 倍半萜<br>(sesquiterpenes)  | 3       | 15   | 挥发油、树脂        | 醇、醛、酮、醚、内酯等 |
| 二萜<br>(diterpenes)       | 4       | 20   | 树脂            | 植物醇、树脂酸、内酯等 |
| 二倍半萜<br>(sesterterpenes) | 5       | 25   | 植物病菌、海绵、昆虫代谢物 | 醛、酮、酸等      |
| 三萜<br>(triterpenes)      | 6       | 30   | 树脂、皂苷         | 醇、酸等        |
| 四萜<br>(tetraterpenes)    | 8       | 40   | 色素            | 色素等         |
| 多萜                       | >8      | >40  | 橡胶            | —           |

此外,还可以按照成环的数目对萜类化合物进行分类,如链状单萜、单环单萜、双环单萜、三环单萜等;链状倍半萜、单环倍半萜、双环倍半萜、三环倍半萜等;链状二萜、单环

二萜、双环二萜、三环二萜、四环二萜等；链状三萜、三环三萜、四环三萜、五环三萜等。

如果按照碳环的骨架分类,则有单萜中的月桂烷、香芹樟烷等；倍半萜中的金合欢烷、藿香烷等；三萜中的龙涎香烷、乌苏烷等。

如果按照功能基团来划分,则有倍半萜内酯、二萜内酯,三萜酸等。

萜类化合物分子中大多数具有双键或共轭双键,分子活泼程度很高。因此,在自然界中,萜类化合物除了以萜类的形式存在以外,很多是以含氧衍生物的形式存在,如萜醇、萜醛、萜酸、萜酯、萜酮、萜苷等,另外还有含氮的萜生物碱,并有少数含硫衍生物存在。

萜类化合物广泛存在于自然界中的高等植物、真菌、微生物、某些昆虫和海洋生物中。作为中草药中一类相当重要的化合物,萜类化合物在治疗各种疾病中有着非常重要的作用,如梓醇是地黄降血糖的主要成分,而月桂烯是治疗痰多和咳嗽的有效物质,中药青蒿中的青蒿素对恶性疟疾有速效。同时,它们也是非常重要的天然香料,是化妆品工业和食品工业不可或缺的原料,如姜烯、 $\alpha$ -姜黄烯、 $\beta$ -麝子油烯和水芹烯等萜类化合物都是常用的食品调味料, $\alpha$ -蒎烯和香茅醇都在香料工业制造中十分重要,而且一些萜类化合物还是重要的工业原料,如由反式连接的异戊二烯类长链化合物合成的多萜化合物橡胶,就是汽车工业和飞机制造业的重要原料。

萜类化合物在自然界中分布很广,菌类、蕨类、单子叶和双子叶植物、动物及海洋生物中均有分布,尤以双子叶植物中分布最多。它们以游离形式或者以与糖结合成苷或酯的形式存在。游离三萜主要来源于菊科、豆科、大戟科等植物；三萜苷类在豆科、五加科、桔梗科、远志科、葫芦科等植物分布较多。动物类资源的鱼油中也有萜类物质。

下面就按照最常见的分类方法及其分子中所含有的异戊二烯数量进行分类来介绍几种重要的萜类物质。

### 1.1.1 单萜类化合物

单萜(monoterpenes)化合物在高等植物中分布广泛,通常存在于唇形科(Labiatae),樟科(Lauraceae),芸香科(Rutaceae),桃金娘科(Myrtaceae),木兰科(Magholiaceae),松科(Pinaceae)等植物中,大多数是植物挥发油中沸点在140~180℃部分的主要成分。单萜类的含氧衍生物沸点较高,一般为200~230℃,而且具有较强大的生理活性和香味。单萜的不饱和度为3,根据分子结构中碳环数目的不同,分为链状单萜(无环单萜)、单环单萜和双环单萜三大类,其中以单环单萜和双环单萜最多。

#### 1. 链状单萜类

##### (1) 罗勒烯( $\alpha$ -ocimene)。

链状萜烯类,存在于吴茱萸中,具有祛痰和镇咳的作用(图1.1)。

##### (2) 香茅醇 I (nerol)。

含氧链状单萜类,油状物, b. p. 99℃; d 0.856 0。存在于芸香科植物九里香中,具有驱虫的作用,同时可以作为香料来使用(图1.2)。

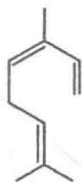


图 1.1 罗勒烯

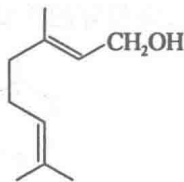


图 1.2 香茅醇 I

## (3) 柠檬醛(citral)。

含氧链状单萜类,淡黄色液体,b. p. 229 °C; d 0.880 0; f. p. 101 °C。存在于百合科植物大蒜的挥发油中,具有杀、驱昆虫,抑、杀真菌和防腐的功能(图 1.3、图 1.4)。

## (4) 香茅醇 II (citronellol)

含氧链状单萜类,淡黄色液体,微溶于水,能溶于乙醇和乙醚,b. p. 222 °C; d 0.850 0; f. p. 79 °C。存在于柠檬油、香茅油、香叶油中,具有抑制金黄色葡萄球菌和伤寒杆菌的功效(图 1.5)。

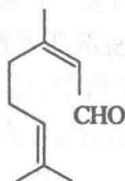
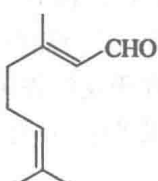
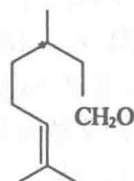
图 1.3 柠檬醛  
(Z 型,  $\beta$ -柠檬醛)图 1.4 柠檬醛  
(E 型,  $\alpha$ -柠檬醛)

图 1.5 香茅醇 II

## 2. 单环单萜类

## (1) 柠烯(limonene)。

柠烯又称柠檬烯,1,8-萜二烯,含一个  $C^*$ ,外消旋体为无色针状晶体,油状物;左旋体为无色针状晶体,油状物,b. p. 177.6 ~ 177.8 °C,右旋体为油状物,b. p. 71 °C;左旋体和外消旋体存在于松科植物白皮松的松针油和松节油中,右旋体存在于芸香科植物柠檬、柑橘、佛手等的油和杜鹃科植物黄花杜鹃的挥发油中,具有镇咳和祛痰的功效,同时可以用作生产香料、溶剂及合成橡胶(图 1.6)。

## (2) 薄荷醇(menthol)。

薄荷醇又称薄荷脑,3-萜醇,结构式中含有 3 个  $C^*$ ,自然界只存在左旋体,b. p. 212 °C; d 0.890。白色针状或棱柱状结晶,有薄荷香味,微溶于水,存在于薄荷油中,是二萜的重要来源,用作清凉剂、祛风剂、防腐剂,是清凉油、人丹等的主要成分(图 1.7)。

## 3. 双环单萜类

(1)  $\alpha$ -松节烯( $\alpha$ -pinene)和  $\beta$ -松节烯( $\beta$ -pinene)。

$\alpha$ -松节烯和  $\beta$ -松节烯又称  $\alpha$ -蒎烯和  $\beta$ -蒎烯,b. p. 分别为 155 ~ 156 °C 和 164 °C。不溶于水,溶于乙醇、氯仿、乙醚、冰醋酸等有机溶剂,是松节油的主要成分,也广泛存在于柠檬、百里香、茴香、薄荷、橙花等物质的挥发油中。具有局部止痛作用,同时  $\alpha$ -

蒎烯还是合成冰片、樟脑等的重要原料(图 1.8、图 1.9)。



图 1.6 柠烯

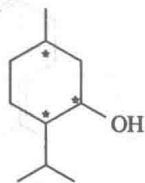
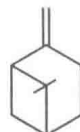


图 1.7 薄荷醇

图 1.8  $\alpha$ -松节烯图 1.9  $\beta$ -松节烯

## (2) 樟脑(camphor)。

樟脑又称 2-樟酮、2-莰酮(图 1.10),无色透明粒状晶体,结构式中有 2 个  $C^*$ ,因此存在左、右旋体(图 1.11、图 1.12)。自然界多以右旋体存在,合成品为外消旋体,右旋体 b. p. 179  $^{\circ}C$ ,外消旋体 b. p. 178  $^{\circ}C$ 。主要存在于樟树的挥发油中,在临床上利用其对呼吸及循环系统的兴奋剂作用来进行急救工作,还可以用于身体局部擦拭来增加微血管循环。

## (3) 龙脑(borneol)。

龙脑又称冰片、2-樟醇(图 1.13),白色透明六方形晶体,自然界有左、右旋体,合成品为外消体, b. p. 180  $^{\circ}C$ ; m. p. 204 ~ 208  $^{\circ}C$ ,具有薄荷味,难溶于水,易溶于乙醇、乙醚、苯、丙酮等溶剂,极易升华。右旋体存在于龙脑香树树干空洞内的渗出物中,左旋体存在于海南省产艾纳香和野菊花的花蕾挥发油中,具有发汗、镇痉、止痛等作用,是人丹、冰硼散的主要成分。

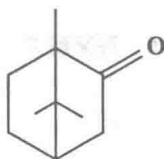


图 1.10 2-樟酮

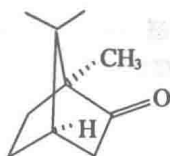


图 1.11 (-)-樟酮

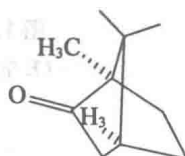


图 1.12 (+)-樟酮

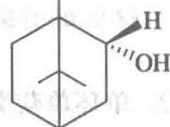


图 1.13 2-樟醇

## 1.1.2 环烯醚萜类化合物

环烯醚萜(iridoids)为蚁臭二醛(iridodial)的缩醛衍生物,含有取代环戊烷环烯醚萜(iridoid)和环戊烷开裂的裂环环烯醚萜(secoiridoid)两种基本碳架。环烯醚萜及其苷类广泛分布于唇形科、茜草科、龙胆科等植物。目前已从植物中分离并鉴定结构的环烯醚萜类化合物超过 800 种,其中大多数为苷类成分,非苷环烯醚萜仅 60 余种,裂环环烯醚萜类 30 余种。

环烯醚萜苷和裂环环烯醚萜苷大多数为白色结晶体或粉末,多具有旋光性,味苦。环烯醚萜苷类易溶于水和甲醇,可溶于乙醇、丙酮和正丁醇,难溶于氯仿、乙醚和苯等亲脂性有机溶剂。环烯醚萜苷易被水解,生成的苷元为半缩醛结构,其化学性质活泼,容易进一步聚合,难以得到结晶苷元。苷元遇酸、碱、羰基化合物和氨基酸等都能变色。游离的苷元遇氨基酸并加热,即产生深红色至蓝色,最后生成蓝色沉淀。因此,与皮肤接触,也能使皮肤染成蓝色。苷元溶于冰醋酸溶液中,加少量铜离子,加热,显蓝色。

## 1. 环烯醚萜苷类

## (1) 栀子苷(gardenoside)。

栀子苷又称栀子糖苷, m. p. 64 ~ 65 °C, 主要存在于茜草科植物栀子的果实、叶和叶柄; 大花栀子的果实和叶中, 能够促进植物的生根的生长, 是烟油抑制剂的原料(图 1.14)。

## (2) 京尼平苷(geniposide)。

京尼平苷为无色针状晶体, m. p. 161 ~ 163 °C, 山栀子的主要成分, 具有清热泻火, 泻下和利胆作用(图 1.15)。

## 2. 4-去甲环烯醚萜苷类

4-去甲环烯醚萜苷类的代表是梓醇(catalpol), 又称梓醇苷, m. p. 203 ~ 205 °C, 是玄参科植物地黄中降血糖作用的主要有效成分, 并有很好的利尿和迟发性的缓下功能(图 1.16)。

## 3. 裂环环烯醚萜苷类

当药苦苷(swertamarin)又称獐牙菜苦苷, m. p. 113 ~ 114 °C, 为当药和獐牙菜中的苦味成分, 能够抑制癌细胞的转移(图 1.17)。

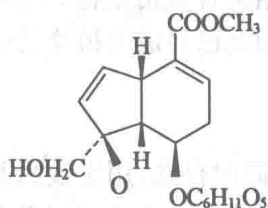


图 1.14 栀子苷

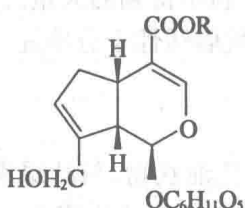


图 1.15 京尼平苷

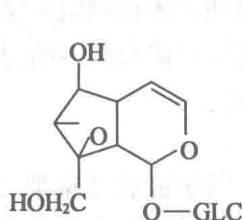


图 1.16 梓醇

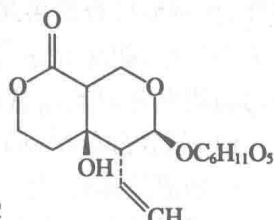


图 1.17 当药苦苷

## 1.1.3 倍半萜类化合物

作为萜类化合物中最多的一个分支, 倍半萜(sesquiterpenes)化合物的结构有几十种。在芸香目、山茱萸目和木兰目的植物中含量丰富。大部分倍半萜大都以烃、醇、酮和内酯的形式同单萜类化合物共存于植物的挥发油中, 是组成挥发油中高沸点部分的重要化合物, 对其香气的散发起到十分重要的作用。

倍半萜的沸点较高, 大多数在 250 ~ 300 °C, 也有少部分低熔点的倍半萜类固体。倍半萜内酯类化合物极性中等, 不溶于水和石油醚, 易溶于甲醇、乙醇、乙酸乙酯、氯仿、苯等有机溶剂。倍半萜的含氧类衍生物大多数有较强的香气, 在医药和化妆品工业上是重要的原料。

## (1) 金合欢醇(farnesol)。

金合欢醇又称法呢醇, m. p. 160 °C; 广泛存在于各种花的挥发油中, 如金合欢油、玫瑰花油、橙花油中, 具有特殊香气, 用于配制香精的重要香料, 具有抗菌的作用(图 1.18)。

## (2) 大牻牛儿酮(germacrone)。

大牻牛儿酮又称杜鹃酮, b. p. 56 ~ 57 °C, 存在于牻牛儿苗科植物大根老鹳草、杜鹃花科植物兴安杜鹃叶以及满山红的挥发油中, 用于治疗慢性气管炎(图 1.19)。

## (3) 愈创木萘(guaiazulene)。

愈创木萘存在于桑科无花果根皮、兴安杜鹃叶、母菊、满山红、桉叶的挥发油中, 是烫

CC(C)=C1C=CC(C)=CC1C/C=C/CO

图 1.18 金合欢醇

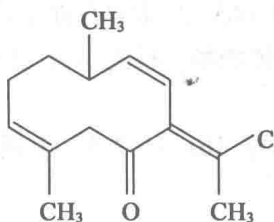


图 1.19 大牻牛儿酮

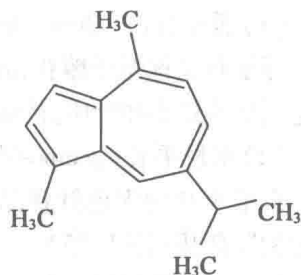


图 1.20 愈创木萘

二萜类(diterpenes)化合物是一类含有 20 个碳原子的萜类化合物,在植物树脂中分布广泛,在生物碱和苦味质中也被发现含有二萜类化合物,其主要分布于植物和真菌中。另外,在唇形科香茶菜属和苦木科鸦胆子属植物中得到的大量二萜类含氧衍生物具有多种生物活性,如穿心莲内酯和雷公藤内酯,其抗癌活性十分明显,因此已经成为植物抗癌类药物研究方面的热点之一。

植物醇又称叶绿醇,属于链状二萜类,无色油状物,与叶绿素同时存在,用于食品及化妆品天然色素使用,还可以用于合成维生素 E 和维生素 K<sub>1</sub>,主要存在于番茄属番杏中,可以抑制骨骼肌中脂质过氧化物酶的活性(图 1.21)。

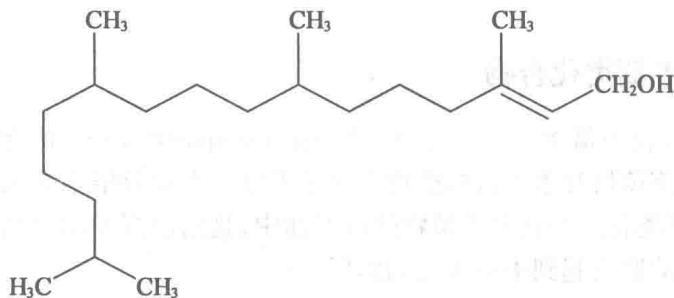


图 1.21 植物醇

维生素 A 又称视黄醇,属于单环二萜类,黄色柱状结晶, b. p. 62 ~ 64 °C ; m. p. 120 ~ 125 °C。油溶性,对光极为敏感,溶于无水乙醇、甲醇、三氯甲烷、乙醚和油脂,来源于茄科植物龙葵的全草,百合科植物黄花萱草的花,豆科植物大豆叶,番杏科植物番杏的全草,在胡萝卜、青菜、玉米、鱼肝油、奶油、蛋黄中含量也很高。维生素 A 具有促进生长发育,维持上皮组织的正常形态和生理功能,参与合成视紫红质,临床上用于治疗皮肤粗糙、干燥、眼干、夜盲、角膜软化症等(图 1.22)。