

天然产物的提取及生产工艺丛书

萜类天然产物的提取 及生产工艺

陈玉昆 主编



 科学出版社
www.sciencep.com

天然产物的提取及生产工艺丛书

蒽类天然产物的提取 及生产工艺

陈玉昆 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书取材于国内外天然产物的提取及生产工艺方面的最新研究成果,是在积累第一手资料的基础上,经加工、整理、汇编而成的。

全丛书分6个分册,包括《天然药物提取生产工艺学》、《脂肪族天然产物的提取及生产工艺》、《芳香族天然产物的提取及生产工艺》、《生物碱类天然药物的提取及生产工艺》、《萜类天然产物的提取及生产工艺》、《甾族天然药物的提取及生产工艺》。

本册书《萜类天然产物的提取及生产工艺》共31章,介绍了20类170多种萜类天然药物或产物的结构和提取分离生产工艺和技术。书中所阐述的内容包括了从生物界提纯或制备的天然有机化学药物和少部分天然产物,其产品和工艺类似于精细化工产品和工艺。

本册书题材新颖,内容丰富,实用性强,可作为天然药物提取科研、生产和教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

萜类天然产物的提取及生产工艺 / 陈玉昆主编. —北京: 科学出版社, 2009
(天然产物的提取及生产工艺丛书)

ISBN 978-7-03-025527-3

I. 萜... II. 陈... III. ①萜类化合物: 天然有机化合物—提取 ②萜类化合物: 天然有机化合物—生产工艺 IV. TQ286

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 161206 号

责任编辑: 侯沈生 袁海滨 / 责任校对: 侯沈生
责任印制: 李延宝 / 封面设计: 张祥伟

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>

丹东印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

★

2009 年 10 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2009 年 10 月第一次印刷 印张: 36 3/4

印数: 1-3 000 字数: 870 000

定价: 110.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010-64030229; 010-64034315; 13501151303

编 著 者 名 单

主 编：陈玉昆

编 著 者：陈玉昆 周东辉

陈 靖 刘世贵

陈炳琪 汤华钊

策划与统稿：陈玉昆

前 言

天然产物 (natural products) 是指来源于生物界的千百万种有机化合物, 其工业产品包括经过提取的天然药物、保健品、食品添加剂、林化产品、天然农药和某些轻化工产品等。其中天然药物还包括植物化学药物、生化药物、中药提取物和抗菌素等, 这些产品都是经过植物化学提取、生物化学提取、抗菌素提取、中药提取、食品化工和林产化工等产业部门提取分离生产出来的, 它们的提取生产技术是基本相似的。共同讨论这些物质的提取及其生产工艺有利于天然药物提取生产技术与现代天然产物提取理论相互渗透、相互交叉、相互融合, 消除传统上的森严壁垒, 使天然药物提取成为天然产物提取技术的一个组成部分。

天然产物工业中最重要的组成部分是天然药物提取工业。其中包括植物化学药物、生化药物和抗菌素提取生产。天然药物提取除抗生素外, 虽然经过了几十年的建设和改造, 但还具有小手工作坊的特点: 多品种、小批量、手工操作多、经济效益差。为了提高生产的经济效益、促进天然药物工业的发展, 必须以植物化学、生物化学和化工原理为指导, 运用现代天然产物提取技术和设备, 使天然药物提取要与精细化工接轨, 改造我国的天然药物工业。提高天然药物提取生产质量, 使生产工艺科学化, 建立先进的生产流水线, 逐步实现专业化大生产和企业管理现代化。

萜类化合物是一类天然烃类化合物, 由两个或两个以上异戊二烯分子聚合衍生而成, 符合 $(C_5H_8)_n$ 通式。按其碳原子数分类, 分子中含有两个异戊二烯单位的称为单萜; 含有三个异戊二烯单位的称为倍半萜; 含有四个异戊二烯单位的称为二萜; 含有五个异戊二烯单位的称为二倍半萜; 含有六个异戊二烯单位的称为三萜, 依此类推。少数化合物的分子式不符合 $(C_5H_8)_n$ 通式, 而生源上为同源的衍生物 (如甾族化合物), 则可统称为萜源衍生物。萜类化合物之间相对分子质量相差较大, 它们的分子中绝大多数具有双键、共

辄双键、碳甲基、偕碳二甲基、异丙叉基。它们除了以萜的形式存在外，许多是以其含氧衍生物，如醇、酮、醛、酸、酯及苷的形式存在。另外还有含氮的衍生物，构成了萜生物碱类。

有许多含氧萜类化合物具有显著的生理活性，有的已用于临床并具有较好的疗效。例如，从黄花蒿中提取的倍半萜内酯青蒿素是优于氯喹的抗疟新药；从芫花根茎中分得的芫花酯甲素是有效的引产剂；穿心莲内酯是穿心莲清热解毒、消炎止痛的有效成分；在葫芦科数十种植物中广泛分布的葫芦素类化合物，用于治疗迁延性肝炎和原发性肝癌具有一定的疗效；中药泽泻中降低血清胆固醇的主成分泽泻萜醇 A 属四环三萜类化合物；许多新的二萜衍生物如冬凌草素、雷公藤内酯等作为抗肿瘤药物已越来越引起人们的研究兴趣。

许多萜类化合物都是重要的天然药物，如抗癌药物紫杉醇、冬凌草甲素、斑蝥素、鸦胆子丁和人参皂苷等，又如有抗疟疾的青蒿素和鹰瓜甲素等；具有治疗精神分裂症的马桑毒素和羟基马桑毒素等；具有开发价值的天然萜类药物有数百种，但许多化合物还不能大规模生产，有待于开发可行的生产工艺。

本册书共 31 章，讨论了 20 多类萜 170 多种天然药物或产物的结构与提取分离生产工艺问题。还介绍了各类化合物的化学结构、分布和生物活性，以沟通结构、分布、生物活性和提取分离生产技术之间的相互关系，为开发天然药物新工艺、新资源和新药物服务。

含氮的衍生物的萜生物碱类已在本丛书之四分册介绍过，在此不再重复。同源的甾族化合物将在本丛书之六分册中另行介绍。

由于水平有限，错误和不当之处在所难免，诚希广大读者批评指正！

作 者

2009 年 9 月 20 日

目 录

前言

第一章 萜类化合物的提取及生产技术	1
第一节 萜类化合物的分类	1
第二节 小分子萜类化合物水蒸气蒸馏法	7
第三节 萜类化合物的溶剂浸出法	22
第四节 萜类化合物蒸馏与分馏法	23
第五节 萜类化合物的化学分离法	27
参考文献	33
第二章 萜类化合物的色层分离技术	34
第一节 概述	34
第二节 工业气相色谱分离法	34
第三节 开发萜类的制备气相色谱	37
第四节 萜烯类化合物的柱色谱分离法	39
第五节 醚类和环氧化合物的分离	45
第六节 萜酯类化合物的分离	46
第七节 萜醛类和酮类化合物的分离	49
第八节 萜醇类化合物的分离	51
第九节 萜类化合物的薄层显色剂	53
参考文献	55
第三章 直链单萜及其衍生物的提取及生产技术	56
第一节 概述	56
第二节 直链单萜的结构及制备反应	56
第三节 月桂烯的提取与制备	63
第四节 香叶醇和橙花醇的制备	63
第五节 芳樟醇的制备	66
第六节 乙酸芳樟酯的制备	68
第七节 柠檬醛的提取与制备	70
第八节 紫罗兰酮的制备	74
第九节 直链单萜衍生物的制备简介	76

参考文献	79
第四章 单环单萜及其衍生物的提取及生产技术	80
第一节 概述	80
第二节 单环单萜的结构和特性	82
第三节 松油醇和水合萜二醇的制备	88
第四节 以松油醇制取其他产品	92
第五节 斑蝥素的提取生产工艺	93
第六节 一些单环单萜的制备简介	94
第七节 藏红花苦苷的提取	99
参考文献	100
第五章 双环单萜类化合物的提取及生产技术	101
第一节 概述	101
第二节 双环单萜的结构、特性及制备	103
第三节 松节油、 α -蒎烯与 β -蒎烯的提取分离	112
第四节 樟脑的提取生产方法	124
第五节 从樟树提取系列产品	128
第六节 从缬草分离乙酰龙脑及其相关产品	131
第七节 龙脑的提取生产与制备	132
参考文献	134
第六章 环烯醚萜和环烯醚萜苷的提取及生产技术	135
第一节 在自然界的分布及生物活性	135
第二节 环烯醚萜及其苷类的结构和工艺学特性	139
第三节 从中药材地黄提取梓醇	146
第四节 栀子环烯醚萜苷的提取	147
第五节 水晶兰苷的提取	148
第六节 莫诺苷、龙胆苦苷和獐芽菜苷的提取	150
第七节 桃叶珊瑚苷的提取	151
第八节 从杜仲叶中提取桃叶珊瑚苷	153
第九节 野迎春叶中裂环环烯醚萜苷的提取	156
参考文献	156
第七章 直链、没药烷和金合欢烷倍半萜的提取及生产技术	157
第一节 在自然界的分布及生物活性	157
第二节 直链、没药烷和金合欢烷倍半萜的结构	159
第三节 倍半萜的提取分离方法	163
第四节 从兴安杜鹃提取杜鹃酮	164

第五节 从姜黄中提取姜黄油和姜黄酮·····	164
第六节 姜黄油、姜黄酮、姜黄素和莪术醇的联合生产专利·····	165
参考文献·····	167
第八章 桉烷型倍半萜类化合物的提取及生产技术 ·····	168
第一节 概述·····	168
第二节 桉烷类倍半萜及其衍生物的结构·····	168
第三节 姜醇的提取方法·····	172
第四节 从茅苍术提取 β -桉醇和苍术醇 ·····	173
第五节 从塔蒿提取塔蒿素·····	174
第六节 从茴蒿提取山道年的生产工艺·····	176
第七节 山道年的合成·····	177
参考文献·····	178
第九章 萹类倍半萜及其衍生物的提取及生产技术 ·····	179
第一节 概述·····	179
第二节 萹类倍半萜及其衍生物·····	180
第三节 萹类倍半萜的提取分离方法·····	185
第四节 从杜香提取杜香醇·····	186
第五节 从广藿香提取藿香油和广藿香酮·····	186
第六节 从岩兰草提取岩兰油和岩兰草醇·····	187
第七节 从莪术提取莪术醇·····	187
第八节 野菊花内酯的提取·····	187
参考文献·····	188
第十章 檀香烷、雪松烷和长叶烷倍半萜的提取及生产技术 ·····	189
第一节 概述 ·····	189
第二节 它们的化学结构 ·····	190
第三节 从檀香木提取白檀醇 ·····	192
第四节 从柏木提取柏木油与柏木醇的生产工艺 ·····	193
第五节 柏树提取柏木脑及其衍生物 ·····	195
第六节 异长叶烯的提取与异长叶烷酮的制备 ·····	196
参考文献·····	198
第十一章 印防己毒素类和过氧化类倍半萜内酯的提取及生产技术 ·····	199
第一节 在自然界的分布及生物活性·····	199
第二节 化学结构及工艺学特性·····	200
第三节 马桑毒素和羟基马桑毒素的提取方法·····	203
第四节 印防己毒素的提取·····	206

第五节 青蒿素的提取生产工艺研究概况·····	206
第六节 青蒿素的轻汽油提取生产工艺·····	209
第七节 其他青蒿素的提取方法·····	210
参考文献·····	211
第十二章 药用萜类挥发油的提取及生产技术·····	212
第一节 概述·····	212
第二节 挥发油及其工艺学特性·····	213
第三节 蒸馏法在中药生产中的应用概况·····	215
第四节 含挥发油中药浸膏的制备方法·····	216
第五节 缬草精油的提取生产工艺·····	216
第六节 珊瑚姜挥发油的超临界浸出法·····	217
第七节 药用挥发油的提取方法简介·····	219
参考文献·····	221
第十三章 链状和单环二萜的提取及生产技术·····	222
第一节 概述·····	222
第二节 直链二萜和单环二萜的结构·····	224
第三节 松柏烯的提取·····	227
第四节 维生素 A 的制备生产工艺·····	227
参考文献·····	229
第十四章 二环二萜内酯及其衍生物的提取及生产技术·····	230
第一节 概述·····	230
第二节 内酯的化学结构及特性·····	231
第三节 穿心莲内酯、穿心莲内酯新苷和脱氧穿心莲内酯的提取生产工艺·····	236
第四节 穿心莲甲素的提取生产工艺·····	239
第五节 银杏内酯的提取方法·····	240
第六节 银杏内酯 A、B 和白果内酯的分离与纯化·····	241
第七节 土槿皮酸的提取分离·····	243
参考文献·····	246
第十五章 三环二萜树脂酸的提取及生产技术·····	247
第一节 概述·····	247
第二节 树脂酸的结构及工艺学特性·····	252
第三节 松香的生产方法·····	261
第四节 从松香分离枞酸·····	266
第五节 左旋海松酸的分离制备·····	266
第六节 脱氢枞酸的分离制备·····	267

第七节	新枞酸的分离制备·····	268
第八节	长叶松酸的分离制备·····	269
第九节	异海松酸的分离制备·····	270
第十节	从秦岭冷杉提取松香酸·····	271
	参考文献·····	272
第十六章	鼠尾草中二萜化合物的提取及生产技术 ·····	273
第一节	丹参酮在鼠尾草属中的分布及生物活性·····	273
第二节	二萜类成分的结构和特性·····	278
第三节	丹参酮的提取及其磺酸钠的制备生产工艺·····	283
第四节	粗丹参酮的提取生产工艺及制剂·····	285
第五节	丹参粗提取物的天然药物制剂·····	286
第六节	丹参酮提取过程中的某些技术问题·····	287
	参考文献·····	288
第十七章	紫杉醇及其二萜类似物的提取及生产技术 ·····	289
第一节	概述·····	289
第二节	紫杉二萜化合物的结构及生源途径·····	295
第三节	紫杉醇的提取分离技术问题·····	302
第四节	以高速逆流色谱法分离紫杉烷·····	306
第五节	紫杉醇的制备柱色层分离生产方法·····	309
第六节	从东北紫杉中提取紫杉醇·····	313
第七节	10-去乙酰基巴卡丁Ⅲ的色谱生产分离法 ·····	315
第八节	紫杉醇的半合成·····	316
第九节	紫杉醇的检测方法·····	317
	参考文献·····	318
第十八章	雷公藤二萜的提取及生产技术 ·····	320
第一节	概述·····	320
第二节	雷公藤二萜类化合物的结构·····	323
第三节	雷公藤二萜成分提取与制备开发现状·····	325
第四节	雷公藤内酯醇制剂的提取工艺·····	328
第五节	雷公藤二萜的检测方法·····	329
	参考文献·····	330
第十九章	香茶菜二萜化合物的提取及生产技术 ·····	331
第一节	概述·····	331
第二节	香茶菜属植物二萜的化学结构·····	337
第三节	香茶菜二萜的提取与分离方法·····	338

第四节 冬凌草素的提取工艺·····	340
第五节 柱层析法分离制备冬凌草甲素的新工艺·····	341
参考文献·····	343
第二十章 三环和四环二萜毒素化合物的提取及生产技术 ·····	344
第一节 概述·····	344
第二节 二萜毒素化合物的结构·····	346
第三节 芫花酯甲的提取生产工艺·····	351
第四节 八厘麻毒素的提取生产工艺·····	353
第五节 从照山白提取八厘麻毒素的生产工艺·····	354
参考文献·····	355
第二十一章 贝壳杉烷二萜苷类化合物的提取及生产技术 ·····	356
第一节 概述·····	356
第二节 贝壳杉烷二萜苷类的结构·····	357
第三节 关于甜叶菊苷提取的技术问题·····	360
第四节 甜叶菊苷的提取生产工艺·····	371
参考文献·····	372
第二十二章 柠檬苦味素三萜类化合物的提取及生产技术 ·····	373
第一节 概述·····	373
第二节 柠檬苦素类化合物的化学结构·····	377
第三节 川楝素的提取生产工艺·····	381
第四节 川楝素的稀乙醇浸出提取法·····	383
第五节 苦楝素的其他提取方法·····	385
参考文献·····	388
第二十三章 苦木苦素三萜类化合物的提取及生产技术 ·····	389
第一节 概述·····	389
第二节 苦木苦素类的化学结构·····	393
第三节 鸦胆子苦素的提取分离·····	397
第四节 鸦胆子浸膏片的生产·····	398
第五节 鸦胆子注射液的制备·····	398
第六节 从苦木中提取苦树内酯和苦木内酯 F 的方法·····	399
参考文献·····	400
第二十四章 葫芦素三萜类化合物的提取及生产技术 ·····	401
第一节 概述·····	401
第二节 葫芦素类四环三萜的化学结构·····	405

第三节 葫芦素类化合物的提取分离技术·····	409
第四节 瓜蒂素和葫芦素的提取分离·····	410
第五节 雪胆甲素、乙素和雪胆甲素苷的提取·····	411
第六节 雪胆素的提取生产工艺·····	412
参考文献·····	414
第二十五章 齐墩果烷三萜及其皂类化合物的提取及生产技术·····	415
第一节 概述·····	415
第二节 齐墩果烷型三萜的结构·····	425
第三节 游离三萜或皂苷元的提取分离法·····	433
第四节 三萜皂苷的提取·····	434
第五节 齐墩果酸的提取生产工艺·····	438
第六节 龙牙楸木皂苷铵盐的提取生产工艺·····	442
第七节 败酱皂苷的提取·····	444
第八节 由光甘草提取甘草酸铵·····	445
第九节 茶皂苷的提取生产工艺·····	449
第十节 柴胡皂苷的生产工艺·····	453
第十一节 粗总皂苷的生产·····	455
参考文献·····	456
第二十六章 乌苏烷型三萜及其皂类化合物的提取和生产技术·····	458
第一节 概述·····	458
第二节 乌苏烷型三萜及其皂苷的化学结构·····	460
第三节 乌苏烷型三萜及其皂苷的提取·····	466
参考文献·····	468
第二十七章 达玛烷型三萜及其皂类化合物的提取和生产技术·····	469
第一节 概述·····	469
第二节 达玛烷型三萜及其皂苷的结构·····	476
第三节 从人参茎叶中提取人参总皂苷的工艺·····	482
第四节 有机溶剂浸出提取方法简介·····	488
第五节 人参茎叶皂苷的除砷问题·····	491
第六节 其他达玛三萜皂苷的提取方法·····	491
第七节 人参茎叶皂苷的质量标准及检验方法·····	492
参考文献·····	494
第二十八章 羊毛脂醇型及其类似三萜类化合物的提取·····	495
第一节 概述·····	495
第二节 化学结构·····	496

第三节 提取分离方法·····	500
参考文献·····	501
第二十九章 泽泻的原萜型三萜的提取及生产技术 ·····	502
第一节 泽泻及其三萜的生物活性和应用·····	502
第二节 泽泻三萜的结构·····	503
第三节 泽泻醇 A 的提取生产工艺 ·····	504
参考文献·····	505
第三十章 环菠萝密烷型三萜的提取及生产技术 ·····	506
第一节 生物活性及应用·····	506
第二节 环木菠萝烷类三萜化学结构·····	507
第三节 谷维素的工艺学特性·····	509
第四节 谷维素的弱酸取代分离生产工艺·····	511
第五节 其他提取分离生产工艺·····	516
第六节 谷维素原粉的质量标准和检测方法·····	518
参考文献·····	523
第三十一章 四萜胡萝卜素类化合物的提取及生产技术 ·····	524
第一节 在自然界的分布、生物活性及应用·····	524
第二节 四萜胡萝卜素的化学结构及工艺学特性·····	535
第三节 类胡萝卜素的提取分离和纯化·····	543
第四节 以水作为溶剂提取类胡萝卜素·····	550
第五节 胡萝卜素产品的开发·····	551
第六节 虾青素的提取生产工艺·····	557
第七节 番茄红素的提取生产工艺·····	559
第八节 类胡萝卜素的检测方法 ^[1] ·····	563
参考文献·····	571
索引 ·····	572

但在生物体内，萜类却并非是异戊二烯相互聚合而形成的。经使用同位素标记的生物合成实验证实，在植物体内形成萜类的真正前体是由乙酸生成的甲戊二羟酸，故现在把凡是由甲戊二羟酸衍生而成的化合物都称为萜类化合物，这就是生源的异戊二烯规则。

二、萜类化合物的分类和命名^[1]

萜类化合物种类繁多，有链形的、环状的，又有饱和程度不同的烯键以及含氧的化合物，如醇、醛、酮、酸等。由于其结构复杂，故命名时多采用俗名再接上“烷”、“烯”、“醇”等类命名而成，如樟脑、薄荷醇、月桂烯、柠檬醛等。此外也可用系统命名法。

萜类化合物一般按异戊二烯规则分类，如表 1-1 所示。

表 1-1 萜类化合物按异戊二烯规则分类

萜类化合物的种类	异戊二烯单位	碳原子数
单萜化合物 (monoterpene)	2	10
倍半萜化合物 (sesquiterpene)	3	15
二萜化合物 (diterpene)	4	20
二倍半萜化合物 (sesterpene)	5	25
三萜化合物 (triterpene)	6	30
四萜化合物 (tetraterpene)	8	40
多萜化合物 (polyterpene)	>8	>40

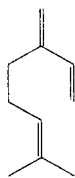
上述化合物中，单萜化合物或倍半萜化合物是某些植物挥发油的主要成分，二萜、三萜、四萜和多萜类成分多为植物中所含树脂、皂苷或色素的主要成分。

三、主要的萜类化合物^[1]

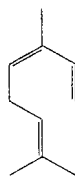
1. 单萜类化合物

根据分子中两个异戊二烯单位相互连接的方式不同，单萜类化合物被分为链状单萜类、单环单萜类与双环单萜类。单萜多具有挥发性，是植物挥发油的主要成分，其中许多是香料。单萜烃的沸点一般为 140 ~ 180℃，其含氧衍生物的沸点则为 200 ~ 300℃。

(1) 链状单萜类 链状单萜是由两个异戊二烯单位连接构成的链状化合物，主要有两种：月桂烯 (1-1) 和罗勒烯 (1-2)，其含氧衍生物重要的如牻牛儿醇 (香叶醇)、橙花醇、香茅醇和柠檬醛等，是精油的主要成分。香叶醇与橙花醇是一对顺反异构体，香叶醇存在于多种精油中，具有显著的玫瑰香气；橙花醇是它的顺型异构体，香气比较温和，更适合制造香料。



1-1

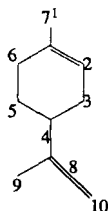


1-2

(2) 单环单萜类 单环单萜是由两个异戊二烯单位连接构成的具有一个六元环的化合物，主要有柠檬烯、薄荷醇等。

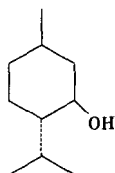
1) 柠檬烯 (limonene): 从结构上看有一个手性碳，因此有两个对映异构体。左旋体

存在于松针中；右旋体存在于柠檬油中。它为无色液体，有柠檬香味，可作香料。在松节油中存在的柠檬烯（1-3）是外消旋体——对薄荷烯。

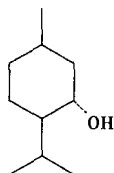


1-3

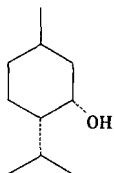
2) 薄荷醇 (menthol): 主要存在于薄荷挥发油中, 将采集的薄荷茎叶进行水蒸气蒸馏, 分离出的薄荷油经低温放置, 析出的结晶即薄荷脑。其主要成分为 (-)-薄荷醇。它的分子中含有三个手性碳, 故有四对旋光异构体, 即为 (±)-薄荷醇 (1-4)、(±)-异薄荷醇 (1-5)、(±)-新薄荷醇 (1-6)、(±)-新异薄荷醇 (1-7)。



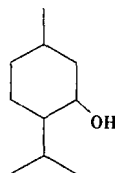
1-4



1-5



1-6

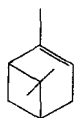


1-7

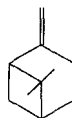
这些对映体已全部合成出来并已拆开。天然产薄荷醇是左旋薄荷醇, 其甲基、异丙基和羟基都位于平伏键, 故能量较低。

薄荷醇为无色针状或棱柱状结晶, 熔点 42 ~ 44℃, 沸点 211 ~ 213℃, 有强烈穿透性芳香清凉气味, 并有杀菌和防腐作用, 可用于制作人丹、清凉油等中药和皮肤止痒擦剂, 也可用于牙膏、糖果、饮料和化妆品中。

(3) 双环单萜类 双环单萜是由两个异戊二烯单位连接成的一个六元环并桥合而成三元环、四元环和五元环的桥环结构, 它们的母体主要有守、薷、蒎、莰 (蒎) 等几种。但自然界中较多的是蒎和莰两类化合物。蒎族中重要的是蒎烯 (pinene, 1-8), 蒎烯有 α 和 β 两种异构体, 它们都存在于松节油中, 其中 α-蒎烯是主要成分, 含量为 70% ~ 80%。



α



β

1-8

α-蒎烯的沸点为 155 ~ 156℃, β-蒎烯的沸点为 162 ~ 163℃。能向左旋体、右旋体和