

文章编号:1001-6880(2014)Suppl-0166-11

中国天然龙脑植物资源及其开发利用进展

潘丽丽,吴世华*

浙江大学生命科学学院 思源天然药物与生物毒素研究中心,杭州 310058

摘要:龙脑俗称冰片,是我国较早提纯并应用的天然有机化合物之一,其性味清香、冰凉,而广泛应用于香料、食品、日用品和医药等行业。历史上,我国冰片主要来源于原产印尼苏门答腊群岛的龙脑香树的树脂。近年来,我国陆续发现了一些新的天然龙脑资源。因此,本文综述了目前我国天然龙脑及龙脑酯的植物资源,并对开发利用情况作了简要评述和展望。

关键词:龙脑;乙酸龙脑酯;植物资源;冰片;单萜;挥发油

中图分类号:R284.2

文献标识码:A

Current Research Advances of Borneol in Plant Resources and New Product Developments Advances of Borneol

PAN Li-li, WU Shi-hua*

Research Center of Siyuan Natural Pharmacy and Biotoxicology, College of Life Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China

Abstract: Borneol, a fragrant Traditional Chinese Medicine, has been used as herb drug, perfume and food additive for more than one thousand years. Historically, it originated from the essential oil of *Dipterocarpus tubinatus* Gaertn. f which is majorly distributed in Southeast Asia, especially in the islands of Sumatra in Indonesia. During the past thirty years, several new plant resources of natural borneol have been discovered. Therefore, the present review aims to provide a general insight on the new Chinese plant resources as well as the product development advances of borneol and its derivatives including bornyl acetate.

Key words: borneol; bornyl acetate; plant resources; volatile oil

龙脑又名冰片,是我国较早分离提纯的传统香料和中药之一,至今已有 2000 余年的应用历史。龙脑具有开窍提神、清肿止痛、清热解毒等功效,常用于咽喉肿痛、惊风痰迷及中风口噤等病症,而且其性味清香冰凉,在香料上是名贵的定香剂和配制高档香水的重要原料。此外,龙脑有去腐防腐、驱避虫类的效力,在饮料和食品工业上还作为清凉添加剂^[1]。

历史上,我国使用的龙脑主要来源于原产印尼苏门答腊群岛的龙脑香树的树脂^[2],由于我国不产此树,因此开发龙脑的新资源受到极大重视。从结构上看,天然龙脑都是右旋或左旋的旋光性物质。随着有机化工的发展,人们已经可以人工合成冰片。但与天然冰片不同,人工合成的冰片是没有旋光的消旋体,常常为龙脑和异龙脑的混合体。由于人工

合成杂质的潜在毒性^[3,4],天然龙脑的需求越来越大。因此本文旨在综述我国在寻找和利用天然龙脑资源方面的新进展,为开发龙脑资源提供参考。

1 龙脑的植物资源

结构上,龙脑属于有 10 个碳原子及两个异戊二烯单元的单萜类物质,其生源途径是经典的甲戊二羟酸途径。由于这种途径广泛存在于各种植物的萜类生物合成中,因此,世界上已发现有 100 余种植物中含有龙脑,这些植物分属于 27 科 66 属^[5]。目前,除引种的龙脑香树外,樟科的香樟、油樟、阴香等植物的精油中的右旋龙脑含量以及艾纳香精油中的左旋龙脑含量都在 50% 以上,是我国天然龙脑的主要植物资源。表 1 列出了一些我国已经发现的具有一定开发价值的天然龙脑植物资源。

1.1 樟科樟属植物

由于天然龙脑是天然樟脑生物合成的中间体,而樟脑是樟科植物精油的主要成分,因此人们推测

某些樟科植物可能富含龙脑。在此思想指导下,上世纪 1980~1990 年代,中国科学院华南植物研究所李毓敬等人在广东东部地区(1987 年)^[6]发现了具有开发价值的天然右旋龙脑新资源植物阴香(梅片树) *Cinnamomum burmannii* (C. G. & Th. Nees) Bl. 次年(1988 年)^[7],李毓敬和孙秀泉等人在湖南新晃县发现了一种油樟中龙脑化学型(又名新晃龙脑樟) *Cinnamomum longepaniculatum* (Gamble) N. Chou ex H. W. Li,其右旋龙脑含量高达 77.57%。同一时期(1986 年)^[8],江西省吉安市林业科学研究所的科技人员在樟树资源调查中发现一种香樟(龙脑樟) *Cinnamomum camphora* (L.) Sieb. 中也富含右旋龙脑。这些发现填补了我国不产右旋龙脑的空白。

天然右旋龙脑的这三种植物资源是同属于樟科的不同种植物的一种化学型,但三种资源植物中龙脑含量存在明显差异:香樟中龙脑樟型右旋龙脑为 81.78%;油樟中龙脑型含右旋龙脑 77.57%;阴香中的梅片树含右旋龙脑为 70.81%^[9]。由此可看出,香樟中的龙脑樟植物右旋龙脑的含量均高于其它两个类型。刘塔斯^[10]等用 GC-MS 测定了龙脑樟植物不同部位右旋龙脑的含量,测定结果表明,龙脑樟不同部位 d-龙脑的含量不同,结果为鲜叶阴干>鲜叶>鲜花>鲜枝>鲜枝皮,且干叶>落叶>干枝,鲜枝皮含量最低,其次是鲜花;叶含量相对较高,干叶比落叶含量高,鲜叶阴干后提取的 d-龙脑较鲜叶要高,其含量为 63.97%。

还有研究发现测得的樟树挥发油中龙脑含量变化也会受到生长环境和采摘时间等因素的影响。王玮琴^[11]等对在同一滨江高教园区采集的 3 月到 7 月的樟树叶以及采集于不同生长环境东阳、湖州、杭州的樟树叶进行了精油成分分析,结果发现同一滨江高教园区从 3 月到 7 月的样本中,挥发油总含量最高 3.0987%、最低 0.5198%;龙脑最高 18.7003%、最低 0.4032%。不同生长环境东阳的样本龙脑的含量比杭州低一半;湖州的样本挥发油总含量比杭州的大得多。

由于全球樟属(*Cinnamomum*)植物资源非常丰富,约 250 种,生长于热带、亚热带,亚洲东部、澳大利亚及太平洋岛屿均有。我国约有 46 种和 1 变型^[12],香樟主要分布在我国江西、福建、广西、湖南、湖北、云南、浙江等省区及我国台湾;油樟主要分布在我国四川、湖南等省区;阴香主要分布在我国云南、广西、广东、福建等省区。因此随后的资源研究

发现了多地的樟树资源均有化学型可生产天然右旋龙脑。其中江西吉安林科所龙光远^[12]和湖南新晃林业局孙秀泉^[13]等人较早实现了大面积人工种植和工厂化生产。最近,我们课题组在西双版纳等地已成功培育出冰片含量高和产叶量大的龙脑樟树新品种,有望获得大面积推广。

1.2 艾纳香

除樟树外,艾纳香(*Blumea balsamifera*)是现在我国冰片的另一主要来源。但与从龙脑香和樟树制备的天然右旋龙脑不同,从艾纳香中生产的冰片是左旋冰片,又名艾片。艾纳香又名大风艾、冰片艾、大艾,是菊科多年生木质大草本,常呈灌木状,全株被银白色绒毛,具有香气。世界范围内艾纳香主要分布于中国、印度、巴基斯坦、缅甸、泰国、中南半岛、马来西亚、印度尼西亚和菲律宾。我国的艾纳香主要分布于广西、广东、贵州、云南、台湾、福建等省区,其中在广西和贵州有人工种植艾纳香的历史^[14]。

艾纳香的叶和嫩枝有冰片香气,新鲜时用或干用有清热消肿的功效。茎、叶蒸馏提取的艾粉是生产冰片的原料。研究发现艾纳香挥发油中左旋冰片的含量为 57.70%^[15]。目前,贵州为我国左旋龙脑的主要产区^[12]。

1.3 其他

已经发现,许多的植物精油中都含有一定量的天然右旋或左旋龙脑。但是除了樟科植物和艾纳香外,其它的含量均较低。比较有意思的一些植物如某些地区的滁菊^[32],百里香^[40,41],迭迭香^[48],阳春砂^[57],莪术^[69],五味子^[77],福建细辛^[86]等植物中天然龙脑的含量可达 10% 以上,可以作为特征天然精油进行开发。而且,一些植物如川桂^[27],阳春砂^[55-64],绿壳砂^[55,65],缩砂^[55,66],皮袋香^[76],缬草^[79-84],细辛^[85,86]等的精油中除了含有龙脑外,还含有高含量的乙酸龙脑酯等龙脑的衍生物,可以作为进一步深入开发。

2 龙脑的应用开发

2.1 龙脑在医药方面的应用

我国自古就有应用龙脑的习俗,功效为通诸窍,散郁火,去翳明目,消肿止痛;主治中风口嘴,热痛神昏,惊痛痰迷,气闭耳聋,喉痹,口疮,中耳炎,痈肿,痔疮,目赤翳膜,烧虫病等^[88]。对龙脑药效学研究发现龙脑具有促进药物吸收(如促进药物通过血脑屏障)、提高某些药物体内生物利用度及血药浓度、

表 1 我国龙脑含量较高的代表性植物资源

Table 1 Representative plant resources with higher content of borneol

科名 Family name	名称 Specific name	样品 Sample and place of origin	精油含量 Volatile oil content	龙脑含量 Borneol content	某些龙脑类似物含量 Content of some borneol analogues	参考文献 References
樟科	香樟(龙脑樟) (<i>Cinnamomum camphora</i> (L.) Presl or <i>Cinnamomum camphora</i> chav. Borneol)	江西省吉安市林业科学研究所一棵23年生自然更新龙脑樟树(鲜叶晾干)	2.81%	龙脑 81.78%	乙酸龙脑酯 0.50%	[16]
		中国科学院华南植物园(广州)龙脑樟树叶(新鲜)	1.23%	龙脑 81.58%	乙酸龙脑酯 0.52%	[17]
	油樟 (<i>Cinnamomum longepaniculatum</i> (Gamble) N. Chaoex H. W. Li)	湖北长阳县都镇湾清江河谷, 海拔500 m 的山坡疏林中(鲜叶晾干)	1.40%	龙脑 10.08%		[18]
		湖南油樟龙脑型(新晃龙脑樟)叶片	0.45%	龙脑 77.57%		[7, 19]
	阴香 (<i>Cinnamomum burmannii</i>)	采自广东省肇庆地区(茎)		龙脑 20.32%	乙酸龙脑酯 2.73%	[20]
		采自广东省肇庆地区(叶)		龙脑 5.16%	乙酸龙脑酯 1.71%	
		深圳职业技术学院西校区(叶)		龙脑 19.68%		[21]
		广东教育学院内种植的阴香树(叶)	0.13%	龙脑 21.82%		[22]
		广东省惠东县的阴香叶油		龙脑 28.4%		[23]
		韶关学院校园树龄约为5~6年(果)	0.23%	龙脑 68.7%		[24]
		韶关学院校园树龄约为5~6年(枝条)	0.10%	龙脑 73.8%		
		韶关学院校园树龄约为5~6年(鲜叶)	0.33%	龙脑 71.6%		
川桂 (<i>Cinnamomum wilsonii</i>)		湖南省新化县海拔800 m 的山坡, 属野生川桂(川桂叶)	1.10%	龙脑 0.134%	醋酸龙脑酯 1.956%	[25]
		湖南省新化县海拔800 m 的山坡, 属野生川桂(川桂嫩枝)	0.70%		醋酸龙脑酯 4.867%	
		湖北巴东, 海拔1 000 m 川桂的杆皮(离地1 m 高)	0.18%	龙脑 0.65%	乙酸异龙脑酯 6.30%	[26]
		湖北省咸丰县尖山毛桂叶	1.05%	龙脑 0.60%	乙酸龙脑酯 16.24%	[27]
山橿 (<i>Lindera reflexa</i> Hemsl)		河南省新县箭河乡(地上部分)	0.30%	龙脑 0.86%	乙酰龙脑酯 2.65%	[28]
		河南省新县箭河乡(地下部分)	1.00%	龙脑 3.73%	乙酰龙脑酯 2.42%	
		温州永嘉四海山森林公园(根)		冰片 1.01%	乙酸异龙脑酯 8.93%	[29]
		温州永嘉四海山森林公园(茎)		冰片 0.54%	乙酸异龙脑酯 4.64%	
菊科	艾纳香 (<i>Blumea balansifera</i>)	贵州省罗甸县艾纳香枝叶(新鲜)	0.50%	左旋 57.7%	乙酸龙脑酯 0.20%	[15]
		滇产秋季艾纳香叶	3.15%	龙脑 52.42%	龙脑酯 0.17%, 异龙脑 0.11%	[30]
		贵州省罗甸县	2.80%	左旋 57.566%	乙酸龙脑酯 0.502%	[31]

菊科	菊花 (<i>Chrysanthemum morifolium</i> Ramat)	安徽省早贡菊		龙脑 1.32%	龙脑乙酸酯 4.38%	[32]
		安徽省晚贡菊		龙脑 1.93%	龙脑烯醛衍生物 0.11% , 龙脑乙酸酯 5.40%	
		安徽省滁菊		龙脑 12.84%	龙脑乙酸酯 3.04%	
	河南武陆产怀菊花	0. 14%	冰片 5.94%	乙酸冰片酯 1.84%	[33]	
	江苏省射阳县洋马镇天马菊花药材公司贡菊	0. 31%	冰片 4.78%	乙酸龙脑酯 1.79%	[34]	
	江苏盐城杭白菊	0. 32 g	龙脑 3.03%	乙酸龙脑酯 1.79%	[35]	
	蒿属 (<i>Artemisia</i>)	江西省鄱阳湖畔萎蒿	0. 45%	龙脑 15.87%	乙酸龙脑酯 0.08%	[36]
		蒙古蒿 (from Xiaolongmeng National Forest Park (Mentougou District, Beijing 102300))	0. 75%	Borneol 3.86%		[37]
	唇形科	百里香 (<i>Thymus quinquecostatus</i> Celak.)	陕西秦岭山区的百里香	0. 16%	龙脑 4.648%	[38]
		宁夏固原百里香(新鲜)		冰片 2.370%	桉树脑 5.505% , 醋酸异冰片酯 0.562%	[39]
		山东烟台百里香茎叶	0. 58%	龙脑 12.27%		[40]
		山东泰安百里香茎叶	0. 40%	龙脑 10.46%		
		山东临沂百里香茎叶	0. 43%	龙脑 10.46%		
		山东沂山产五脉地椒全草	0. 42%	龙脑 14.495%	乙酸龙脑酯 0.589% , 3 - 甲叉环戊酸龙脑酯 0.297% , 甲酸冰片酯 0.184%	[41]
		新疆阿勒泰百里香全草(干燥)	0. 31%	内冰片 5.83%	乙酸冰片酯 0.65%	[42]
		新疆拟百里香全草(干燥)	0. 16%	内冰片 1.68%		[43]
		新疆异株百里香全草(干燥)	1. 22%	内冰片 2.52%		[44]
		宁夏六盘山区泾源县野百里香		龙脑 1.88%		[45]
迷迭香 (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.)	新疆产		1. 4% ~ 1.8%	龙脑 3.085%	Camphene 8. 006%	[46]
		贵州产		龙脑 4.67%	Camphene 7. 228%	
	广西百色地区迷迭香茎、叶中 购自福建		1. 45%	龙脑 2.62%	乙酸龙脑酯 2.77%	[47]
			1. 40%	龙脑 13.36%		[48]
	河南禹州产迷迭香		1. 50%	龙脑 2.273%		[49]
		云南省玉溪市高仓乡平坝	1. 1% ~ 1.4%	龙脑 3.21%		[50]
	由西班牙引进, 栽培于深圳龙岗 农业生态园内的迷迭香		1. 0% ~ 1.2%	龙脑 4.32%		
		贵州省贵阳市郊	1. 10%	龙脑 6.64%	龙脑乙酸酯 0.17%	[51]
茜草科	巴戟天 (<i>Morinda Officinalis</i> HOW)	广州巴戟天药材	2. 0% ~ 2.3%	龙脑 3.07%	乙酸龙脑酯 1.28%	[52]
		0. 5 mL	L-龙脑 29.28%	(-) - 冰片基乙酸酯 1.19%		[53]

姜科 阳春砂 (<i>Amomum villosum</i> Lour.)	广东省德庆县永丰镇双龙村 5 年 生巴戟天植株	0.05%	龙脑 0.96%	[54]
	广东	3.36%	龙脑 2.11%	乙酸龙脑酯 59.60% [55]
	广东省阳春春湾镇砂仁种子		冰片 6.64%	异龙脑 0.75% , 醋酸龙脑 酯 45.91% [56]
	广东省阳春春湾镇砂仁壳		冰片 7.35%	异龙脑 0.81% , 醋酸龙脑 酯 54.12% [56]
	广东省阳春春湾镇砂仁全果		冰片 8.56%	异龙脑 0.93% , 醋酸龙脑 酯 53.56% , [56]
	购自成都荷花池药市, 货源来自 广西的长序砂仁全果		冰片 13.23%	异龙脑 0.26% , 醋酸龙脑 酯 13.24% [56]
	南平栽培	3.00%	龙脑 14.30%	乙酸龙脑酯 40.60% [57]
	西双版纳引种阳春砂仁根和根茎	0.06%	龙脑 0.70%	乙酸龙脑酯, 0.14% [58]
	西双版纳引种阳春砂仁茎	0.07%		乙酸龙脑酯 0.07% [58]
	西双版纳引种阳春砂仁叶	0.69%		
绿壳砂 (<i>Amomum villosum</i> Lour. Var. <i>xanthoides</i> T. L. Wu et Senjen)	西双版纳引种阳春砂仁果实		龙脑 4.14%	异龙脑 0.06% , 乙酸龙脑 酯 68.24% , 甲酸龙脑酯 0.02% [59]
	13 批次来自广东阳春县、广东药业 公司或药饮片厂		龙脑 $5.99 \pm 2.34\%$	异龙脑 $0.44 \pm 0.21\%$; 乙 酸龙脑酯 $54.02 \pm 5.56\%$ [59]
	广西桂南栽培、广西药物研究所提 供桂南 1 号	2.40%	龙脑 1.52%	乙酸龙脑酯 53.31% [60]
	种苗与广东阳春县原产地种苗完 全一样——施用微肥砂仁	3.80%	龙脑 5.2105%	异龙脑 0.2166% , 乙酸龙 脑酯 56.5808% [61]
	种苗与广东阳春县原产地种苗完 全一样——未施微肥砂仁	3.60%	龙脑 4.4659%	异龙脑 0.1935% , 乙酸龙 脑酯 54.2233% [61]
	广东阳春砂仁	3.40%	龙脑 7.4553%	异龙脑 0.4132% , 乙酸龙 脑酯 59.2529% [61]
	广西产阳春砂超临界二氧化碳萃 取		龙脑 5.38%	乙酸龙脑酯 62.33% [62]
	购于广东省药材公司(阳春砂果 实)	3.39%	龙脑 3.72%	顺式 - 芳樟醇氧化物 0. 04% , 异龙脑 0.40% , 乙 酸龙脑酯 51.07% [63]
	购于广东省药材公司(阳春砂种子 团)	4.94%	龙脑 4.11%	异龙脑 0.43% , 乙酸龙脑 酯 51.78% , [63]
	购于广东省药材公司(阳春砂果 皮)	0.85%	龙脑 1.97%	异龙脑 0.06% , 乙酸龙脑 酯 0.98% [63]
缩砂 (<i>Amomum xanthio- ides</i> Wall)	广东省佛岗阳春砂	3.41%	龙脑 3.92%	异龙脑 0.35% , 乙酸龙脑 酯 56.10% [64]
	云南	3.11%	龙脑 8.74%	异龙脑 0.14% ; 乙酸龙脑 酯 12.55% [55]
	市售		龙脑 4.18%	乙酸龙脑酯 72.78% [65]
广西莪术 (<i>Curcuma kwangsien- sis</i> S. G. Leset C. F. Liang)	越南(进口)	2.57%	龙脑 9.45%	异龙脑 0.13% ; 乙酸龙脑 酯 14.89% [55]
	购自福建省医药公司	1.1% ~ 1.3%	龙脑 3.2%	乙酸龙脑酯 21.8% [66]
	市售		龙脑 10.77%	乙酸龙脑酯 10.40% [65]
	采自广西莪术主产区	2.18%	龙脑 2.66%	异龙脑 3.20% [67]

桃金娘科	莪术 [<i>Curcuma zedoaria</i> (Berg.) Rosc]	北京市药材公司,广西产	1.50%	龙脑 2.55%	异龙脑 4.54%	[68]
	桂莪术 (<i>Curcuma kwangsiensis</i> S. G. Leset C. F. Liang)	四川,自采	1.0% ~ 2.0%	龙脑 4.28%	异龙脑 1.85%	[69]
木兰科	细叶桉 (<i>Eucalyptus tereticornis</i> Smith)	广西贵县药材公司	1.0% ~ 1.2%	龙脑 11.33%	异龙脑 2.55%	[69]
	尾叶桉 (<i>Eucalyptus urophylla</i> S. T. Blakeley)	广西南宁市高峰林场(细叶桉叶)	2.68%	冰片 3.97%	乙酸龙脑酯 0.78%	[70]
木兰科	厚朴 (<i>Magnolia officinalis</i> Rehd. et Wils.)	广西南宁市高峰林场(细叶桉果实)	0.48%	冰片 2.62%	乙酸龙脑酯 0.25%	
	雷山县排里坳(904 m)	广东省樟木头林场	0.15%	龙脑 8.23%	龙脑烯醛 0.50%, 乙酸龙脑酯 0.16%	[71]
	黎平县高屯(446 m)		0.81%	龙脑 8.55%	1,3,3 - 三甲基 - 乙酸异龙脑酯 0.37%, 龙脑烯醛 0.92%, 龙脑乙酯 2.21%	[72]
	习水县东皇(1246 m)		0.36%	龙脑 7.93%	龙脑酯 0.40%, 龙脑烯醛 0.53%, 龙脑乙酯 2.39%	
	湖北恩施州恩施市十五年生厚朴干皮(未发汗)	bomeol	0.11%	bomeol 0.13%	龙脑酯 0.41%, 龙脑烯醛 0.51%, 龙脑乙酯 2.25% linalool 1.57%, bomeol acetate 0.60%	[73]
	厦门中药厂(干皮)			龙脑 2.20%	乙酸龙脑酯 0.58%	[74]
	厦门医药站(根皮)			龙脑 1.76%	α -龙脑烯醛 0.58%, 乙酸龙脑酯 0.33%	
	厦门医药站(枝皮)			龙脑 0.41%	乙酸龙脑酯 3.27%	
	贵州省植物园凹叶厚朴(叶)			冰片 8.71%		[75]
	贵州省植物园凹叶厚朴(枝)			冰片 2.17%		
木犀科	皮袋香 (<i>Michelia yunnanensis</i> French)	云南省曲靖市陆良县		冰片 5.97%	甲醇冰片酯 0.22%, 乙酸冰片酯 12.44%	[76]
	长梗南五味子 (<i>Kadsura longipedunculata</i> Finet et Gagn.)	自采于浙江省临安县山区长梗南五味子的根皮	1.20%	龙脑 16.81%	冰片烯 0.01%, 乙酸龙脑酯 2.64%,	[77]
	北五味子 [<i>Schisandra chinensis</i> (Turczl.) Baill.]	北五味子购自吉林平泰天然五味子种植基地(五味子的干燥果实)			乙酸异龙脑酯 2.14%	[78]
	缬草 (<i>Valeriana officinalis</i> L.)	黑龙江省大兴安岭地区呼玛县黑水缬草		龙脑 0.35%	乙酸龙脑酯 12.08%, 异戊酸龙脑酯 0.74%	[79]
	采集于吉首矮寨缬草人工栽培实验基地人工培植 5 年的缬草的花		0.09%	龙脑 0.67%	乙酸龙脑酯 27.75%	[80]
	秋后采集于神农架野生缬草		1.90%	龙脑 1.26%	异龙脑醋酸酯 1.73%, 龙脑醋酸酯 32.81%	[81]
	从湖北省神农架林区采集宽叶缬草		1%	龙脑 3.54%	乙酸龙脑酯 23.93%, 异戊酸龙脑酯 0.36%	[82]
	内蒙古扎兰屯产毛节缬草		1.33%	龙脑 10.73%	乙酸龙脑酯 31.21%	[83]
	湖南湘西(百分含量是峰面积的)			龙脑 1.23%	甲酸龙脑酯 0.38%, 乙酸龙脑酯 38.64%	[84]
	华细辛 (<i>Asarum sieboldii</i> Miq.)	采自陕西省宁强县黄坝驿镇华细辛叶		龙脑 0.35%	醋酸冰片酯 33.67%	[85]
马兜铃科	毛细辛 (<i>Asarum himalaicum</i> Hook. F. et Thams.)	陕西省宁强县黄坝驿镇毛细辛根		龙脑 0.25%	醋酸冰片酯 17.92%	

陕西省宁强县黄坝驿镇毛细辛叶					长龙脑 1.37%, 醋酸冰片 酯 13.94%	[86]
皱花细辛 (<i>A. crispulum</i>)	四川南川	1.00%	龙脑 6.17%	乙酸龙脑酯 0.36%		
单叶细辛 (<i>A. himalacum</i>)	四川南坪	0.40%	龙脑 9.6%	乙酸龙脑酯 29.8%		
肾叶细辛 (<i>A. renocordatum</i>)	安徽黄山	0.40%		乙酸龙脑酯 6.40%		
福建细辛 (<i>A. fuki-</i> <i>enense</i>)	安徽休宁	1.10%	龙脑 23.99%	乙酸龙脑酯 7.08%		
山慈姑(<i>Asarum sagi-</i> <i>tarioides</i>)	广西融水	0.20%	龙脑 10.09%	乙酸龙脑酯 1.65%		
马鞭草科	马缨丹 (<i>L. antana</i> <i>camara</i> L.)	华南农业大学校园采集	龙脑 2.84%			[87]

促透皮吸收作用,具有抗菌、抗炎、镇痛,抗生育作用,对循环系统、中枢神经系统也具有调节保护作用。目前龙脑在临床上的应用极为广泛,而且多以中成药为主,仅 2000 版中国药典收录的含有龙脑的中成药就有苏合香丸、冠心苏合丸、安宫牛黄丸、华佗再造丸、冰硼散、复方丹参类制剂等 20 余种,其在心脑血管病治疗中应用尤其广泛^[89]。现代制药也很重视龙脑的应用开发,如德国研制龙脑抗癌制剂已获专利^[90];右旋龙脑在抑制癌细胞生长方面的作用正在研究,有多个添加天然龙脑的药物配方被研制出来,用于治疗直肠癌、宫颈癌、阴道癌、血管瘤、恶性淋巴瘤和治疗癌症疼痛等方面已取得不同程度的效果^[90]。

2.2 龙脑在食品和香料工业上应用

天然龙脑味辛苦、清凉、无毒,加之香气飘逸,令人心旷神怡,广泛用于食品和香料工业。按美国食用香料制造者协会规定,可作香料添加剂,其使用范围和用量作如下规定:软饮料 0.000025%~0.000014%,冷饮 0.00014%,糖果 0.00037%,焙烤食品 0.00051%,胶姆糖 0.00003%,糖浆 0.00003%^[91];按我国食品添加剂使用卫生标准,龙脑可用于配制薄荷、白柠檬和果仁等香精^[92]。在调香中,龙脑通常少量用于药草樟脑的香型,以及薰衣草、香薇、古龙、松针等香型;龙脑还常与乳香同用于熏香香精中,它在配制穗薰衣草油时一般必用;由于龙脑有消炎灭菌功能,故常与薄荷油同用于牙粉、痱子粉、蛤蜊油以及松针气味喷雾剂等的加香^[93]。

2.3 龙脑在美容护肤中的应用

我国发掘和运用中草药进行美容的历史已有数千年。目前中药美容受到越来越多女性的亲睐。龙脑的美容功效在历代中医药文献中,到处都可以觅

见它飘香的身影。《本草纲目》说:“其气先入肺,传于心脾,能走能散,使壅塞通利,则经络条达,而惊热自平,疮毒能出。”《本草经疏》说:“(其)性善走窜开窍,无往不达,芳香之气,能辟一切邪恶。”在美容方中以之作清热散火、辟秽化浊之品,用于因血热、内热蕴结所致的口臭、体气、疮疡肿疖等症的治疗;其中,以天然龙脑最为上品^[94]。基于龙脑在美容护肤中“抗菌、抗炎、止痛、透皮促进药物吸收、促创伤愈合”的药理作用,龙脑已被广泛的应用于损美性疾病治疗并且成为现代日化护肤产品中的重要配方材料。

3 结语

据估计,现代全球天然龙脑总需求量约 9000 至 10000 吨,我国年需求在 5000 吨左右,并且每年正以 20% 的速度递增,市场潜力巨大^[95]。由于天然右旋龙脑高的药用价值,很多药品只能采用天然 d-龙脑,因而其需求与日俱增,供需矛盾已相当突出^[93]。因此,探寻天然龙脑的高含有资源植物显得尤为重要。在资源植物的基础上,可以通过利用适合于生产天然龙脑的高效提取设备、科学的提取技术,提高天然龙脑的提取率,或者充分利用我国丰富的龙脑资源植物的优势,创新性地利用各种组学的方法(基因组学、蛋白质组学和代谢组学等),对天然龙脑的资源植物进行靶向改良、培育出高产天然龙脑的新品种;进而提高天然龙脑的产量,解决天然龙脑供不应求的局面。

参考文献

- Zhao SX(赵守训). Borneol, the world's earliest used natural organic ingredient. *Asia Pacific Tradit Med*(亚太传统医

- 药),2006,2:24-25.
- 2 Li YJ(李毓敬),et al. Chinese medicine borneol and its sources. *Plants*(植物学杂志),1988,2:17.
- 3 Jiang GC(江光池),et al. Pharmacological effects of borneol and isoborneol in mice and rabbits. *WCJ PS*(华西药学杂志),1989,4:23-25.
- 4 Hu LM(胡利民),et al. Reproductive toxicity of natural borneol and synthetic borneol in mice. *J Toxicol*(毒理学杂志),2006,20:275.
- 5 Li YJ(李毓敬). Plant resources of natural borneol. *J Chin Med Mater*(中药材),1992,6(15):9-12.
- 6 Li YJ(李毓敬),et al. Studies on Mei Pian tree (*Cinnamomum burmannii* physiological type). *Acta Bot Sin*(植物学报),1987,29:527-531.
- 7 Li YJ(李毓敬),et al. The chemical types on *Cinnamomum Longepaniculatum*(Gamble) N. Cho ex H. W. Li in Hunan Province. *J Plant Res Environ*(植物资源与环境),1993,2(3):7-11.
- 8 Institute of Botany, The Chinese Academy of Sciences (IB-CAS)(中国科学院植物研究所). Illustrated Handbook of China's Higher Plants(中国高等植物图鉴). Beijing: Science Press,1987., 816.
- 9 Ouyang SL(欧阳少林),et al. New resources of natural borneol. *JiangXi For Sci Technol*(江西林业科技),2005,5:38.
- 10 Liu TS(刘塔斯),et al. Determination of d-borneol in different parts of *Cinnamomum camphora* by GC-MS. *Chin J Chin Mater Med*(中国中药杂志),2009,34:1692-1694.
- 11 Wang WQ(王玮琴),et al. Changes of content and composition of essential oil from *Cinnamomum camphora* in different collecting season and growing environments. *Chin Archives Tradit Chin Med*(中华中医药学刊),2012,30:1140-1142.
- 12 Zeng JG(曾建国). Recent advances on the study of natural borneol. *Chin J Pharm Econ*(中国药物经济学),2011(2):82-89.
- 13 Ouyang SL(欧阳少林),et al. *Cinnamomum camphora* is the best resources of natural borneol. *Chin Med News*(中国医药报),2005-7 -21(A07).
- 14 Hu Q(胡蕖),Zhou JW(周家维). Current plant resources status and preliminary research on distribution area of *Blumea balsamifera* in Guizhou Province. *Guizhou For Sci Technol*(贵州林业科技),1999,27(1).
- 15 Hao XY(郝小燕),et al. The study on chemical constituents of volatile oil on *Blumen Balsamifera* growing in Guizhou. *J Guiyang Med Coll*(贵阳医学院报),2000,25:121-122.
- 16 Chen XL(陈小兰),et al. Oil-yield and chemical constituents of essential oils steam-distilled from leaves of *Cinnamomum camphora* chvar. borneol at different time section. *Jiangxi For Sci Technol*(江西林业科技),2011(3):12-19.
- 17 Ding X(丁雄),et al. Study on composition and antimicrobial activity of the essential oil extracted from fresh leaves of *Cinnamomum camphora* chvar. Borneol. *Sci Technol Food Ind*(食品工业科技),2012,33:167-171.
- 18 Tao GF(陶光复),et al. The chemical constituents of the essential oil from leaves of *Cinnamomum Longepaniculatum* in Hubei. *Chin J Wuhan Bot Res*(武汉植物学研究),2002,20:75-77.
- 19 He HC(何洪城),et al. Study on commercial processing technique of borneolum from *Cinnamomum camphora* (L.) Presl. *Hunan For Sci Technol*(湖南林业科技),2007,34(6):41-43.
- 20 Liu YQ(刘艳清),et al. Analysis and comparison of the volatile oil from the stems and leaves of *Cinnamomum burmanii* (Nees) B1 by GC-MS. *Lishizhen Med Mater Med Res*(时珍国医国药),2007,18:2383-2385.
- 21 Yi XM(衣晓明),et al. Analysis of volatile compounds in leaves of *Cinnamomum burmanii* by GC/MS. *J Shenzhen Polytechnic*(深圳职业技术学院学报),2009,8(3):53-56.
- 22 Yan ZG(颜振光). Analysis and application of GC for volatile oil in leaves of *Cinnamomum burmanii*. *J Zhanjiang Teachers' College (Natural Science)*(湛江师范学院报)1994,1:120-127.
- 23 化学系有机化学教研室. Study on chemical constituents of leaf oil of *Cinnamomum burmanii*. *Zhongshan Univ(Nat Sci)*(中山大学学报(自然科学版)),1974,2:71-77.
- 24 Liu FG(刘发光),et al. Study on the chemical constituents of essential oils from different organs in *Cinnamomum burmanii* in Yuebei. *J Biol*(生物学杂志),2007,24(5):25-27.
- 25 Li JJ(李娟娟),et al. Comparative research on the volatile oil from *Cinnamomum Wilsonii* leaf and twig. *J Anhui Agri Sci*(安徽农业科学),2007,35:5412-5416.
- 26 Ren SX(任三香),et al. Chemical constituents of volatile oil from bark of *Cinnamomum Wilsonii* Gamble. *J Inst Anal*(分析测试学报),2002,21(3):83-85.
- 27 Tao GF(陶光复),et al. The chemical constituents of the essential oils from the leaves of *Cinnamomum appelianum* and *Cinnamomum pauciflorum*. *J Wuhan Bot Res*(武汉植物学研究),1988,6:261-266.
- 28 Luo YM(罗永明),et al. Study on component analysis of the volatile oil from aerial parts and underground parts of *Lindera reflexa* Hemsl. *Chin Pharm J*(中国药学杂志),2004,39(4):307.
- 29 Cai JZ(蔡进章),et al. The chemical constituents study of the volatile oils from *Lindera reflexa* Hemsl's roots stems and leaves. *Chin Archives Tradit Chin Med*(中华中医药学刊),2011,29:1893-1895.

- 30 Du P(杜萍), et al. Chemical constituents of volatile oil from *Blumea balsamifera* (Linn) DC. in Yunnan. *Chem Ind For Prod*(林产化学与工业). 2009, 29:115-118.
- 31 Zhou X(周欣), et al. Chemical components of volatile oil from Folium et Cacumen Blumeae Balsamiferae originated from Guizhou. *J Inst Anal*(分析测试学报), 2001, 20(5): 76-78.
- 32 Wang YJ(王亚君), et al. Characterization of chemical components of essential oil from flowers of *Chrysanthemum morifolium* produced in Anhui Province. *Chin J Chin Mater Med*(中国中药杂志), 2008, 33:2207-2211.
- 33 Huang BM(黄保民), Wang L(王蕾). Study on chemical components of essential oil from flowers of *Chrysanthemum morifolium* Ramat. *J Chin Med Mater*(中药材), 1997, 20: 144-145.
- 34 Wang FJ(文福姬), et al. Studies on the chemical components and antioxidation of volatile oils from florists *Chrysanthemum*. *Food Res Dev*(食品研究与开发), 2012, 33(4): 14-16.
- 35 Guan YL(官艳丽), et al. GC-MS analysis of the essential oil from Hangbaiju and Hanghuangju. *Chin J Anal Lab*(分析实验室), 2007, 26(6):77-80.
- 36 Xie YB(谢怡剥), et al. Studies on insecticidal activity of the essential oil from *Artemisia selengensis* and its chemical component. *Jiangxi Plant Protection*(江西植保), 2001, 24: 105-108.
- 37 Liu ZL, et al. Chemical composition and insecticidal activity against *Sitophilus zeamais* of the essential oils of *Artemisia capillaris* and *Artemisia mongolica*. *Molecules*, 2010, 15: 2600-2608.
- 38 Miao YQ(苗延青), et al. Study on the chemical components of essential oil of *Thymus quinquecostatus* Celak. *Lishizhen Med Mater Med Res*(时珍国医国药), 2011, 22:305-306.
- 39 Yang ML(杨敏丽), et al. A study on the chemical components of essential oil of *Thymus quinquecostatus* in Ningxia Guyuan by GC-MS. *J Ningxia Univ, Nat Sci Edition*(宁夏大学学报,自科版), 2004, 25:353-355.
- 40 Research Group of Terpenoid, Laboratory of Phytochemistry, Institute of Botany, Academia Sinica(中科院植物所四室萜类组), Research Group of Perfumery, Laboratory of Foods, First Institute of Light Industry, Shandong Sheng, (山东第一轻工业科研所食品室食料组). Study on the essential oils of the *Thymus quinquecostatus* Celak. *Acta Bot Sin*(植物学报), 1978, 20:31-36.
- 41 Chen JY(陈建英), et al. Chemical constituents of essential oil from *Thymus quinquelostatus*. *Chin Pharm J*(中国药学杂志), 2001, 36:16-18.
- 42 Jia HL(贾红丽), et al. Analysis of chemical constituents of volatile oil from *Thymus altaicus* Klok. in Xinjiang using GC-MS and its antioxidant activity. *Food Sci*(食品科学), 2009, 30:224-229.
- 43 Jia HL(贾红丽), et al. Analysis of volatile oils of *Thymus proximus* Serg. from Xinjiang by gas chromatography-mass spectrometry. *J Chin Mass Spectr Soc*(质谱学报), 2008, 29: 36-41.
- 44 Jia HL(贾红丽), et al. Analysis of volatile oil of *Thymus marschallianus* willd from Xinjiang by gas chromatography-mass spectrometry. *China Condiment*(中国调味品), 2008, 33:60-63.
- 45 Hu CH(扈成浩), et al. A study on the chemical components of essential oil of *Thymus mongolicus* Ronninger(abstract). *J Ningxia Med coll*(宁夏医学院学报), 1987, 9:102-103.
- 46 Xu PX(许鹏翔), et al. Studies on chemical constituents of the essential oil of *Rosmarinus officinalis* L. from different regions. *J Anal Sci*(分析科学学报), 2003, 19:361-362.
- 47 Zhou YH(周永红), Ji LX(纪良霞). Components of essential oil of *Rosmarinus officinalis* L. in Guangxi. *J Chem Ind For Prod*(林产化工通讯), 2004, 38:34-36.
- 48 Zhang C(张冲), et al. Analyzing components of essential oil of *Rosmarinus officinalis* L. *Nat Sci J Hainan Univ*(海南大学学报,自科版), 2008, 26:74-77.
- 49 Li LH(李利红), et al. Analysis of the chemical compositions of the volatile oil from *Rosmarinus officinalis* L. planted in Yuzhou, Henan by GC-MS. *J Northwest A&F Univ, Nat Sci Ed*(西北农林科技大学学报,自科版), 2012, 40:227-234.
- 50 Sai CM(赛春梅), Pan LM(潘利明). Study on chemical constituents of the essential oil of *Rosmarinus officinalis* L. in Yunnan province. *Yunnan Chin Med*(云南中医中药杂志), 2005, 26(2):46-47.
- 51 Liao JJ(廖俊杰), et al. Extraction and chemical compositions analysis of volatile oils from *Rosmarinus officinalis* L. in Guangdong province. *Chin Tradit Patent Med*(中成药), 2007, 9:1035-1037.
- 52 Chen ZF(陈振峰), et al. Chemical composition analysis and content determination of volatile oils from *Rosmarinus officinalis* L. in China. *Chin Tradit herbal drugs*(中草药), 2001, 32:1085-1086.
- 53 Liu WW(刘文炜), et al. Determination of chemical constituents of the volatile oil from *Radix morindae officinalis*. *Bio-technol*(生物技术), 2005, 15(6):59-61.
- 54 Lin L(林励), et al. GC-MS analysis of essential oils in *Cortex Morinda officinalis*. *Guangzhou Chin Med coll*(广州医学院学报), 1992, 9:208-210.
- 55 Zeng Z(曾志), et al. Study on volatile constitutions and quality evaluation of different varieties of *Fructus amomis*. *J Inst Anal*(分析测试学报) 2010, 29:701-706.

- 56 Ding P(丁平), et al. The comparative studies of volatile constituents in fruits of *Amomum villosum* and *Amomum thrysodolum*. *Chin Pharm J*(中国药学杂志), 2001, 36: 235-237.
- 57 Liang JL(梁金联), et al. Study on the chemical constituents of the essential oil of *Amomum villosum Lour* seeds cultivated in Nanping. *J Fujian Coll For*(福建林学院报), 1987, 7: 104-107.
- 58 Fan X(范新), et al. Analysis of the chemical compositions of the volatile oil in different parts of *Amomum villosum Lour* introduced to Xishuangbanna. *J Chin Med Mater*(中药材), 1992, 15: 32-34.
- 59 Yin X(尹雪), et al. Verification of digitized information of GC-MS characteristic fingerprint of *Amomum villosum* by GC. *Tradit Chin Drug Res&Clin Pharmacol*(中药新药与临床药理), 2008, 19: 473-476.
- 60 Bu M(布鸣), et al. Comparison and analysis of volatile oil of cultivated *Amomum villosum*, *Amomum villosum Lour* and *A. villosum Lour* var. *xanthioides*. *Tianjin Pharmacy*(天津药学), 1993, 5: 2-32.
- 61 Wang XW(王兴文), et al. Effect of fertilizer of trace element on quality and chemical composition of *Fructus Amomi*. *J Yunnan Coll Tradit Chin Med*(云南中医学院学报), 1993, 16: 1-6.
- 62 He ZH(何正洪), et al. Sdudy of the chemical compositions of the volatile oil of *Amomum Villosum* extracted by supercritical carbon dioxide. *Guangxi For Sci*(广西林业科学), 1996, 25: 132-134.
- 63 Wang YC(王迎春), et al. Analysis of compositions of volatile oil in fruits seeds and peel from *Amomum Villosum*. *J Chin Medi Mater*(中药材), 2000, 23: 462-463.
- 64 Lin L(林励), et al. A study on quality of *Fructus Amomi villosi* from different growing areas. *Guangzhou Chin Med Coll*(广州中医学院学报), 1995, 12: 43-48.
- 65 Ling DK(凌大奎), et al. Studies on gas chromatographic retention index spectrum for identification of medicinal herbs. *Chin J Pharm Anal*(药物分析志), 1995, 15(4): 13-20.
- 66 Gui YM(归莜铭), et al. Quality evaluation of volatile oil *Fujian Amomum Villosum*. *Chinese Tradit Patent Med*(中成药研究), 1985, 3: 12-14.
- 67 Chen X(陈旭), et al. Analysis on chemical constituents of essential oil from *Curcuma kwangsiensis*. *Pharm Biotechnol*(药物生物技术), 2008, 15: 293-295.
- 68 Wang XF(王雪峰), et al. Analysis on chemical constituents of essential oil from *Rhizoma Curcuma* byGC/MS. *J Chin Med Mater*(中药材), 1991, 10(14): 35-37.
- 69 Fang HJ(方洪拒), et al. Comparison of the chemical components of essential oils from rhizome of five species medicinal *Curcuma* plants. *Acta Pharm Sin*(药学学报), 1982, 17: 441-447.
- 70 Zhou YY(周燕园), et al. Analysis of essential oil from the leaves and fruits of *Eucalyptus tereticornis* in Guangxi province by GC-MS. *GC-MS. J Chin Med Mater*(中药材), 2009, 32: 216-219.
- 71 Chen TT(陈婷婷), et al. GC-MS analysis of volatile oil constituents from *Eucalyptus urophylla* S. T. Blakely leaves. *J Guangdong Pharm Univ*(广东药学院学), 2011, 27: 464-467.
- 72 Yang ZN(杨占南), et al. Evaluation on volatiles in the seeds of *Magnolia officinalis* Rendet wils. *Seed*(种子), 2012, 31(4): 80-82.
- 73 Yang HB(杨红兵), et al. Chemical components in volatile oil of the cortex of *Magnolia officinalis* produced in Hubei Enshi. *Chin J Chin Mater Med*(中国中药杂志), 2007, 32: 42-48.
- 74 Li LL(李玲玲). Study on the chemical components of volatile oil from *Magnolia officinalis*. *Chin Tradit Herbal Drugs*(中草药), 2001, 32: 686-687.
- 75 Lu YS(卢永书), et al. Comparative research on volatile oil components in different parts of *Magnolia officinalis* Rehd. et Wils. var. *bilob* aRehd. et Wils. *Chin J Spectr Lab*(光谱实验室), 2011, 28: 3139-3142.
- 76 Li ZG(李志刚), Li XM(李雪梅). Study of chemical constituents of essential oil from *Michelia yunnanensis* Franch. *J Chin Med Mater*(中药材), 2000, 23: 685-687.
- 77 Tian HK(田恒康), et al. Study of volatile oil of root bark from *Kadsura longepedunculata*. *China J Chin Mater Med*(中国中药杂志), 1993, 18: 166-167.
- 78 Liu YM(刘亚敏), et al. Composition analysis of volatile oils from *Schisandra spenanthera* Rehd. et Wils. and *Schisandra chinensis* (Turcz) Baill. by supercritical CO₂ fluid extraction and GC-MS. *Food Sci*(食品科学), 2011, 32: 204-208.
- 79 Du XW(都晓伟), et al. Extracting methods and chemical constituents analysis of volatile oil from *Valeriana amurensis* Smir. ex Kom. *Chin Tradit Herb Drugs*(中草药), 2008; 32-34.
- 80 Gu CH(谷臣华), et al. Abstraction of *Valeriana pseudofficinalis* flower essential oil and analysis by GC/MS. *Chem Ind For Prod*(林产化学与工业), 1999, 1: 72-75.
- 81 Xue CK(薛存宽), et al. Analysis of volatile oil of *Valeriana officinalis* and influence factors of its oil content. *Chin Tradit Herbal Drugs*(中草药), 2003, 1: 14-16.
- 82 Wang LQ(王立群), et al. Analysis of constituents of volatile oil from *Valeriana fauriei* Briq. *J Chin Med Mater*(中药材), 1999, 2: 298-299.

(下转第 124 页)