

樟树植物资源分布及化学成分研究进展

张峰¹, 毕良武^{1,2,3*}, 赵振东^{1,2,3}

¹中国林业科学研究院林产化学工业研究所 生物质化学利用国家工程实验室 国家林业局林产化学工程重点开放性实验室 江苏省生物质能源与材料重点实验室, 南京 210042; ²中国林业科学研究院林业新技术研究所, 北京 100091; ³江西农业大学江西特色林木资源培育与利用 2011 协同创新中心, 南昌 330045

摘要: 本文综述了樟树植物资源分布、主要化学类型以及樟树各组织部位的化学成分研究进展。樟树是我国亚热带常绿阔叶林中重要的材用和特种经济树种, 主要分布于我国长江以南、西南各省以及台湾南部, 不仅材质优良, 抗虫害、耐水湿, 且其根、皮、枝、叶、果实均可提取樟脑及樟油等, 是医药卫生、化工、食品、香料的重要原料。充分了解樟树植物资源分布及化学成分研究进展, 将为深入开发和综合利用樟树资源奠定坚实的理论和应用基础。

关键词: 樟树; 分布; 化学类型; 化学成分

中图分类号: R284.2

文献标识码: A

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2017.3.027

Review on Plant Resources and Chemical Composition of Camphor Tree

ZHANG Feng¹, BI Liang-wu^{1,2,3*}, ZHAO Zhen-dong^{1,2,3}

¹Institute of Chemical Industry of Forest Products, CAF; National Engineering Lab. for Biomass Chemical Utilization; Key and Open Lab. of Forest Chemical Engineering, SFA; Key Lab. of Biomass Energy and Material, Jiangsu Province, Nanjing 210042, China; ²Institute of New Technology of Forestry, CAF, Beijing 100091, China; ³2011 Collaborative Innovation Center of Jiangxi Typical Trees Cultivation and Utilization in Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China

Abstract: In this study, the research progress of plant resources distribution, major chemical types and chemical components in different tissues of camphor tree were reviewed. Camphor tree is an important material in the subtropical evergreen broad-leaved forest and special economic tree species, mainly distributed in the south of the Yangtze River, southwest provinces and southern Taiwan of China. Camphor tree not only has good quality of timber, but also is insect-resistant. In addition, camphor tree is resistant to water. The root, branch, leaf, peel and fruit can be used for the extraction of camphor and camphor oil, etc. Camphor tree is the important raw material for medicine and health, chemical industry, food, perfumes. Fully understanding the research progress of camphor tree plant resources distribution and chemical composition, will lay solid theoretical and applied bases for further development and comprehensive utilization of camphor tree resources.

Key words: camphor tree; distribution; chemical types; chemical components

樟树为樟科 (*Lauraceae*) 樟属 (*Cinnamomum*) 常绿性乔木, 又细分为香樟 (*Cinnamomum camphora*)、油樟 (*C. longepaniculatum*)、黄樟 (*C. parthenoxylon*)、尾叶樟 (*C. caudiferum*)、细毛樟 (*C. tenuipilum*)、阔叶樟 (*C. platyphyllum*)、毛叶樟 (*C. mollifolium*) 以及菲律宾樟 (*C. philippinense*) 等多个品种, 广布于我国长

江以南、西南各省以及台湾南部。樟树生长快, 材质优良, 是江南四大名木之一, 被誉为江南宝树。抗虫、致密、有香气, 是家具、雕刻的良材。不仅在木质利用方面有广泛应用, 且其皮、根、茎、叶、果均可用于提取精油, 在香料香精、医药卫生、油脂化工、园林绿化和生态文明建设等非木质利用方面也占有重要地位^[1,2]。近年来, 国内外对樟树的化学成分和药理研究发现, 樟树资源具有抑菌、消炎、止痛、抗癌、抗氧化及提高人体免疫力等药用价值。本文对樟树植物资源分布、主要化学类型以及樟树各组织部位的化学成分研究现状进行综述, 以期对樟树类型划

收稿日期: 2016-10-27 接受日期: 2016-11-22

基金项目: 江西农业大学江西特色林木资源培育与利用 2011 协同创新中心项目 (2013-038); 中国林科院林产化学工业研究所研究团队建设创新工程项目 (LHSXKQ2)

* 通讯作者 Tel: 86-25-85482534; E-mail: biliangwu@126.com

分、选育和资源综合利用提供基础。

1 樟树植物资源分布概况

樟树在我国自然分布于北纬 10° 至 34°, 东经 88° 至 122° 之间, 资源量非常大。长江以南及西南地区是樟树的主要栽培区, 其中又以海南、台湾、福建、江西、广东、广西、湖北、湖南、四川、重庆、云南、

贵州、浙江等省(市、区)的低山平原地区为集中区。台湾的垂直分布范围达海拔 1800 m 左右。樟树人工林大多营造在海拔 200 m 以下的丘陵、岗地、沙洲、平原及村落附近; 近年来, 在城市园林绿化、美化中的使用量剧增, 成为城市添绿、增彩的宠儿, 为此, 山东、河南等地也相继引种并获得成功^[3]。具体分布概况详见表 1。

表 1 樟树植物资源分布

Table 1 The distribution of camphor tree plant resources

类型 Type	海拔 Altitude	产地 Place of origin	生存环境 Living environment
香樟 <i>C. camphora</i>	< 1800 m	南方及西南各省区、 越南、朝鲜、日本	山坡或沟谷中
尾叶樟 <i>C. caudiferum</i>	800-950 m	贵州南部、云南东南部	山谷林中或路旁阳处
菲律宾樟 <i>C. philippinense</i>	< 1000 m	台湾南部(嘉义、高雄、台东)	次生林中
细毛樟 <i>C. tenuipilum</i>	580-2100 m	云南南部及西部	山谷或谷地的灌丛、疏林或密林中
阔叶樟 <i>C. platyphyllum</i>	约 1050 m	四川东部(南充、巴中、城口)	山坡上
毛叶樟 <i>C. chlorophyll</i>	1100-1300 m	云南南部	路边、疏林中或樟茶混生林中
油樟 <i>C. longepaniculatum</i>	600-2000 m	四川	常绿阔叶林中
黄樟 <i>C. parthenoxylon</i>	< 1500 m	广东、广西、福建、江西、湖南、 贵州、四川、云南、巴基斯坦、 印度、马来西亚、印度尼西亚	常绿阔叶林或灌木丛中

2 樟树植物资源化学类型研究

樟树植物资源分布广泛, 种类丰富, 成分复杂且分离鉴定难度较大, 国内外学者^[4-6]根据挥发油所含化学成分的差异, 鉴别出 5 种主要化学类型, 即含芳樟醇为主的芳樟型、含樟脑为主的脑樟型、含 1, 8-桉叶油素为主的油樟型、含橙花叔醇为主的异樟型及含右旋龙脑为主的龙脑樟型。一些学者也研究发现了几种新的化学类型。张国防等^[4]对 30 个不同化学型樟树进行 RAPD 标记分析, 结果表明 30 个樟树样本可以归为 4 类: 除了芳樟型、脑樟型、油樟型, 发现了一种含黄樟醇为主的黄樟型樟树。梁忠云^[5]等在采样筛选不同化学类型樟树时, 用 ISSR 分子标记技术进行分子指纹图谱分析过程中发现樟树某个单株的精油气相色谱图与文献^[6]报导的广西樟树叶油 5 种化学类型不一致, 气味与此前发现的樟叶油不同, 有淡淡的茶香味。后经 GC-MS 和 GC 鉴定出 19 个组分, 主要为单萜类和倍半萜类及其氧

化物, 其中主要成分为 6-芹子烯-4 醇, 含量高达 69.39%, 查阅相关文献表明, 这是一种新的化学类型, 即 6-芹子烯-4 醇型。李桂珍^[7]利用 GC-MS 联用仪和 GC 对水蒸汽蒸馏提取采自广西十万大山的樟叶油进行了定性和定量分析, 鉴定出 18 个组分。结果表明该樟叶油的化学成分主要为单萜醛、酯类、倍半萜类及其氧化物, 主要成分为柠檬醛, 柠檬醛型樟树是广西樟树叶油一种新的化学类型。彭东辉^[8]通过对福建南平、三明、龙岩等地樟树种质资源的调查与分析, 将该地区的樟树按照主要化学成分划分为四种化学类型: 芳樟型、脑樟型、桉樟型以及不明物型。不明物型, 含樟脑(0.94%)、芳樟醇(45.55%)、桉叶油素(1.47%)和不明物(2.74%), 有待进一步分析确定。陶光复^[9]将油樟划分为 6 个不同的化学类型: 樟脑型、桉叶油素型、甲基丁香酚型、龙脑型、倍半萜烯型、芳樟醇型、柠檬醛型, 在此基础上, 还在湖北油樟中发现了一个新化学型: 布勒醇型, 该型樟树叶片精油中主含布勒醇, 其含量高达

44.78%。

芳樟型(*Linalool type*)樟树,是樟属植物中的一种,主要分布于亚洲热带和亚热带地区,其主要成分是芳樟醇(Linalool,见图1中I),又名沉香醇、芫荽醇、伽罗木醇等,学名是3,7-二甲基-1,6-辛二烯-3-醇,分子式为 $C_{10}H_{18}O$,分子量为154.24,是无色液体,属于链状萜烯醇类,有左、右旋两种异构体。天然芳樟醇多半以左旋体形式存在,有似铃兰或百合花样香气,也常以乙酸酯形式存在于植物中。陈尚钊^[10]指出天然芳樟醇资源主要来源于芳樟型樟树,也存在于细毛樟、五脉百里香、芫荽、薰衣草等多种植物中。从芳樟型樟树枝、叶提取的精油主要成分天然芳樟醇,是一种使用频率很高的广谱性香料,其气味纯正,在香料香精和医药方面的性能是合成芳樟醇难以相比的^[11]。所以,天然芳樟醇资源的开发广受厂商的青睐。天然芳樟醇主要来源于芳樟叶油。因此,人工筛选芳樟型樟树并繁殖成为提供芳樟醇叶油优质原材料的重要途径。常新民^[12]研究了不同繁殖方法对芳樟型樟叶油成分的影响,结果表明:选育优株、种子苗和组培苗樟叶油中主成分芳樟醇含量分别为91.84%、70.02%、93.39%,说明用组培繁殖的芳樟醇型樟树可保持亲本的特性,其叶油基本保持原来优株的品质,而用种子繁殖的芳樟醇型樟树叶油成分会发生一定的变异。莫建光^[13]采用水蒸气蒸馏法对广西省芳樟型樟树枝叶含油率及其主要成分含量的变异进行研究,发现芳樟型樟树不同部位的精油含量及精油的化学成分含量有较大差异,树叶中芳樟醇质量分数(89.59%)高于树枝(74.49%),且10月份采集的芳樟醇品质优于7月份。段博莉^[14]首次对樟树主要分布区种质资源的叶片精油各性状的变异规律进行了系统的分析和研究,发现精油中芳樟醇含量与原产地的降雨量呈显著的正相关,精油中芳樟醇含量10月最高,达97.79%。胡女丹^[15]对芳樟型樟树叶精油分离芳樟醇的工艺进行了模拟,结果分别得到了含天然芳樟醇95.4%和99%的产品,芳樟醇产品中的樟脑含量是影响精馏工艺参数的关键因素,该工艺模拟为芳樟型樟树叶精油分离提纯芳樟醇的工业设计提供了理论依据。

脑樟型(*Camphor type*)樟树,又名本樟或脑樟。其主要成分是樟脑(Camphor,见图1中II),化学名为2-茨酮,分子式为 $C_{10}H_{16}O$,分子量为152.23,无色至白色半透明块状或粉末,有樟木气味。根据原

料和加工方法分类,有天然樟脑和合成樟脑两种。天然樟脑纯度高、比旋度大,在医药等方面的特殊用途是合成樟脑难以完全代替的。樟脑广泛用于制造赛璐珞和摄影胶片;无烟火药制造中用作稳定剂;医药方面用于制备中枢神经兴奋剂等。樟脑能防虫、防腐、除臭,具馨香气息,是衣物、书籍、标本、档案的防护珍品。我国是世界上最大的樟脑出口国。众多学者对脑樟的研究也越来越深入。孙凌峰^[16]研究发现脑樟叶精油中含量最多的是樟脑(约70%),也含有桉油素、 α -油素松油醇。胡文杰^[17]对脑樟叶精油成分做了分析,所得54种成分中共鉴定出47种化学物质,只有9种含量大于1%,即樟脑、柠檬烯、黄樟油素、 α -蒎烯、月桂烯、茨烯、芳樟醇、 α -烯松油醇及 β -蒎烯,其中樟脑含量大于10%。付宇新^[18]选用同时蒸馏萃取法和GC-MS分析,分析比较了5种不同化学类型樟树叶精油含量和组成上的差异。脑樟叶挥发油共鉴定出57种成分,占挥发油总量的95.73%,主要为樟脑、芳樟醇、石竹烯、桉叶油醇、萜澄茄油烯等,其中樟脑的含量最高,为61.77%,显著高于其他4种化学类型樟树。刘星星^[19]以江西省5种不同化学型樟树叶为实验材料,采用静态顶空-气相色谱-质谱联用法(SHS-GC-MS)方法检测挥发性成分,运用主成分分析(Primary component analysis, PCA)、聚类分析(Cluster analysis, CA)和判别分析(Discriminant analysis, DA),鉴定出40种挥发性化合物,其中 β -芳樟醇、茨烯、 β -愈创木烯、 γ -松油烯、 α -侧柏烯、2-乙基咪喃、 α -石竹烯和大牛儿烯8种化合物在所有样品中均检测到。与已有关于樟树精油成分的文献^[20-22]对比,2-乙基咪喃为首次发现。胡文杰^[23]用水蒸汽蒸馏法分别提取脑樟6个不同部位(叶、新枝、老枝、树干、主根及侧根)的精油,并采用GC-MS测定精油成分及相对含量,共鉴定出60种化合物,共有成分有17种,特有成分叶3种,老枝2种,树干3种,而新枝、主根及侧根中均未发现特有成分。邱凤英^[36]发现脑樟各部位精油含量与生长性状、生物量相关性均不显著。

龙脑樟型(*Borneol type*)樟树,是在1987年江西吉安林科所等单位首次发现(富含右旋龙脑),简称龙脑樟^[24]。野生龙脑樟在樟树资源中自然分布只有万分之一左右^[25]。由于发现时间不长,因此栽培的地方尚少,目前在江西吉安已建立大面积繁育基地,临近的永丰、遂川等县以及湖南新晃地区也有分布。龙脑樟叶含油率可达1.60%~2.54%,主要成

分是右旋龙脑(*d*-Borneol, 见图 1 中 III), 为透明梅花状晶体, 因其晶莹如冰, 中药俗称冰片、梅片。其熔点 207 ~ 208 °C, 沸点 212 °C, 相对密度 1.011 g · cm⁻³, 比旋光度 +37.44°, 香气纯正, 色谱纯度达 99.5% 以上, 主要用于香料香精方面和医药方面^[28]。2005 版中国药典将龙脑樟挥发油收载为天然冰片的新来源, 目前已用于“复方丹参滴丸”等中成药的生产^[26]。陈建南^[27]鉴定出龙脑樟叶挥发油中的 28 种化合物, 占出峰总面积的 97.31%, 其中龙脑含量达 18.51%; 黄慧莲^[29]从龙脑樟枝叶挥发油中鉴定出了 34 个化学成分, 主要为单萜和倍半萜, 占挥发油总量的 98.53%, 其中龙脑的含量达到 67.17%; 在前人关于龙脑樟果实挥发油主要成分文献报道^[30-32]基础上, 欧阳少林^[33]从龙脑樟果实挥发油中共分离出 50 种化学成分, 鉴定出 42 种, 占总峰面积的 99.54%, 其中右旋龙脑的相对含量最高, 占总峰面积的 50.68%。丁雄^[30]研究龙脑樟鲜叶中挥发油的化学成分和抗菌活性, 证明挥发油及其主要成分右旋龙脑对实验所选的细菌、酵母菌和霉菌三类微生物均表现出一定的抗菌效果。刘塔斯^[34]发现: 龙脑樟不同部位^[35]右旋龙脑的含量不同, 结果为鲜叶阴干 > 鲜叶 > 鲜花 > 鲜枝 > 干枝, 且干叶 > 落叶 > 干枝, 因此工业上经常采用鲜叶阴干后生产天然冰片的加工工艺。

油樟型(1,8-Cineole type)樟树, 又名桉樟或油樟, 特产于四川和陕西西部, 自然分布于海拔 600 ~ 2000 m 常绿阔叶林中。它生长快, 叶含油率高达 3.8% ~ 4.5%, 比香樟叶含油率(1.5%)高 1 ~ 2 倍, 所得的粗樟油含桉叶油素为 58.55%, 比广东、江西等樟油含桉叶油素(23%)高 1.6 倍, 且叶精油于每年 7 月份得率最高, 为最佳采集时间^[37]。油樟主要成分是 1,8-桉叶油素(1,8-Cineole, 见图 1 中 IV), 含量达 50% 左右, 是一种十分重要的单体香料和医药化工原料^[38], 在国际国内供不应求。其次是 α -松油醇, 含量达 15% 以上, 是提取桉叶油素和 α -

松油醇的重要原料^[3]。宜宾油樟叶含油量达 3.80% ~ 4.50%, 粗提樟油中含 1,8-桉叶油素 58.55%, 其它成分有 α -柠檬烯、4-萜品醇、 α -蒎烯、 α -萜品醇、 α -蒎烯、橙花醇、香叶烯、黄樟油素、 β -蒎烯、乙酸橙花酯、 α -水芹烯、丁子香酚、 β -丁香烯、香叶烯、 γ -萜品烯、草烯、芳樟醇、 γ -橙香烯、冰片、 γ -橙香醇、樟脑、愈创木酚等 26 种化学物质^[39,40]。胡文杰^[45]研究油樟叶精油, 共鉴定出 39 种成分, 其中含量大于 1% 的有 8 种, 比较另外三种不同化学类型的樟树, 油樟叶精油中特有成分有 9 种。油樟不同部位生长量和鲜重差异不显著, 各部位鲜重、生长性状与精油得率之间的相关性多数达到了显著或极显著。

异樟型(*Nerolidol type*)樟树, 在我国江西省吉安市已大规模种植, 占江西省樟树总量的 42%, 其精油主要成分橙花叔醇(Nerolidol 或 3,7,11-trimethyl-1,6,10-dodecatrien-3-ol, 见图 1 中 V)在异樟叶油中含量可达 0.94%, 精油中含量可达 57.67%^[3], 是精细化工品和香料行业的重要原料。与前人鉴定的广西^[6]、江西吉安^[41]异樟叶精油成分不同, 胡文杰^[42]运用气质联用技术提取异樟叶精油, 鉴定出 41 种化学物质, 其中有 25 种是新发现成分; 通过抑菌实验, 发现异樟叶精油对 3 种真菌(尖孢镰刀菌、七叶树壳梭孢和拟茎点霉)均具有抑制效果, 抑菌率分别达到 42.64%, 57.50% 和 64.30%。胡文杰^[43]采用 GC-MS 联用技术和保留指数比较法分析了异樟 6 个不同部位的精油成分, 得油率高低依次为: 主根、侧根、叶、树干、新枝、老枝, 根和叶较高的精油得率启发人们采用矮林作业规模化培育异樟制取精油。肖复明^[44]研究表明, 异樟的树杆生物量最高, 是 3 种化学型(油樟、脑樟、异樟)中所占比例最高的类型, 说明异樟是理想的培育用材的类型。邱凤英^[36]也发现异樟新枝、老枝和侧根的精油含量与树高、生物量、地径均呈显著正相关。李洪梅^[45]发现异樟叶精油对大鼠足肿胀抑制显著, 证明异樟叶精油具有很高的抗炎活性。

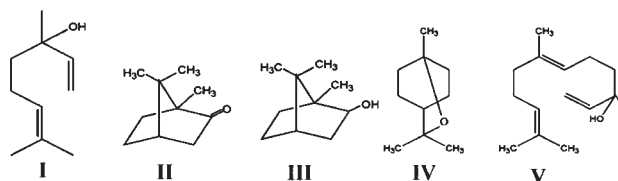


图 1 樟树主要化学类型的主成分

Fig. 1 Principal components in major chemical types of camphor tree

(I) 芳樟醇 Linalool; (II) 樟脑 Camphor; (III) 右旋龙脑 *d*-Borneol; (IV) 1,8-桉叶油素 1,8-Cineole; (V) 橙花叔醇 Nerolidol

3 樟树植物资源的化学成分研究

早在 1975 年,李锡文^[89]就致力于云南樟及其相近种的精油化学与植物分类的关系研究,以期为实际生产解决一些突出问题,这也推进了对樟树种内、种间的演化关系研究,有助于理清樟树种的划分以及种的起源。1989 年,石皖阳^[91]借助气相色谱、红外光谱研究了 164 株樟树各个部位的精油成分。孙凌峰^[90]通过 GC-MS 对水蒸气蒸馏法提取的樟树枝叶精油进行了初步的定性、定量分析,划分出樟树的主要化学型。在此期间,国外学者也陆续开展了樟树植物资源化学成分的深度研究^[92-94]。樟树叶所含化学成分非常复杂,主要类型有内酯类、多糖、黄酮、多酚类、生物碱、有机酸、木脂素、核糖体失活蛋白、鞣质、蒽醌、甾体、香豆素、倍半萜、三萜和氨基酸等^[46]。近几年,黄酮、多酚等生物活性成分在医

药领域巨大的应用价值,更掀起了樟树植物资源化学研究的热潮。由于香樟树分布范围广,应用广泛,是最为常见的树种,且现有文献几乎全部研究香樟树。因此,本节针对性地综述了香樟树(简称樟树,下同)的化学成分研究状况。

3.1 樟树叶的化学成分研究

3.1.1 樟树叶精油化学成分研究

樟树叶精油成分比较复杂,较难分离和鉴定。但随着气相色谱、质谱、红外光谱、计算机联用等技术的发展和运用,研究者对其所含化学成分的掌握已从几种含量较高的主要成分的简单研究,发展成目前对于上百种成分的分离和结构的鉴定^[37,47-57]。主要成分可分类如下:烷烃类、芳香族类化合物、烯类、醇类、醛酮类、酸类、酯类和其他类。具体分布见表 2。

表 2 樟树叶精油的化学成分

Table 2 Chemical composition of essential oil from camphor tree leaves

类型 Type	化合物 Compound	分子式 Formula	樟树叶来源 Camphor tree leaves origin	参考文献 References
烷烃类 Alkanes	甲基环己烷 Methyl cyclohexane	C ₇ H ₁₄	A、B	58、14、15、16
	降莜烷 Norbornane	C ₇ H ₁₂	A	58
	顺-1,3-二甲基-环己烷 Cis-1,3-dimethyl-cyclohexane	C ₈ H ₁₆	A、B	58、17、18、19
	1,1,2-三甲基-环戊烷 1,1,2-Trimethyl-cyclopentane	C ₈ H ₁₆	A、B	58、16、17、19
	1,4-二甲基-环己烷 1,4-Dimethyl-cyclohexane	C ₈ H ₁₆	A	58、17、19
	1-乙烯基-1-甲基-2,4-二(1-甲基乙烯基)-环己烷 1-Ethenyl-1-methyl-2,4-bis(1-methylethenyl)-cyclohexane	C ₁₅ H ₂₄	D	59、15、16、18
	1,1-二甲基-环己烷 1,1-Dimethyl-cyclohexane	C ₈ H ₁₆	A	58、17、19
	1,2,3-三甲基-环己烷 1,2,3-Trimethyl-cyclohexane	C ₈ H ₁₆	A	58、16、17
	1,2,4-三甲基-环己烷 1,2,4-Trimethyl-cyclohexane	C ₈ H ₁₆	A	58
	2-甲基-5-(1-甲基乙烯基)-8-甲基-双环[5.3.0]癸烷 2-Methyl-5-(1-methylvinyl)-8-methyl-bicyclo[5.3.0]decane	C ₁₅ H ₂₄	E	62
芳香族化合物 Aromatic compounds	1,7,7-三甲基-三环[2.2.1.0(2,6)]庚烷 1,7,7-Trimethyl-tricyclo[2.2.1.0(2,6)]heptane	C ₁₀ H ₁₆	A	58
	1S-顺式-1,2,3,5,6,8a-六氢-4,7-二甲基-1-(1-甲基乙基)-萘 1S-Cis-1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-naphthalene	C ₁₅ H ₂₄	A、D	58、59、16、18
	4-异丙基甲苯 4-Isopropyltoluene	C ₁₀ H ₁₄	A、B、C	12、13、58、61

类型 Type	化合物 Compound	分子式 Formula	樟树叶来源 Camphor tree leaves origin	参考文献 References
	(4 <i>aR</i> ,8 <i>aR</i>)-2-异亚丙基-4 <i>a</i> ,8-二甲基-1,2,3,4,4 <i>a</i> ,5,6,8 <i>a</i> -八氢萘(4 <i>aR</i> ,8 <i>aR</i>)-2-Isopropylidene-4 <i>a</i> ,8-dimethyl-1,2,3,4,4 <i>a</i> ,5,6,8 <i>a</i> -octahydronaphthalene	C ₁₅ H ₂₄	D	59,15,16,18
	(1 <i>S</i> ,4 <i>aS</i> ,8 <i>aS</i>)-1,2,3,4,4 <i>a</i> ,5,6,8 <i>a</i> -八氢-7-甲基-4-亚甲基-1-(1-甲基乙基)-萘(1 <i>S</i> ,4 <i>aS</i> ,8 <i>aS</i>)-1,2,3,4,4 <i>a</i> ,5,6,8 <i>a</i> -Octahydro-7-methyl-4-methylene-1-(1-methylethyl)-naphthalene	C ₁₅ H ₂₄	D	59,15,16,18
	4 <i>aα</i> -(4 <i>aα</i> ,7 <i>α</i> ,8 <i>aβ</i>)-Decahydro-4 <i>a</i> -methyl-1-methylene-7-(1-methylethenyl)-naphthalene	C ₁₅ H ₂₄	A	58
	2-异丙烯基-4 <i>a</i> ,8-二甲基-1,2,3,4,4 <i>a</i> ,5,6,7-八氢菲 2-Isopropenyl-4 <i>a</i> ,8-dimethyl-1,2,3,4,4 <i>a</i> ,5,6,7-octahydronaphthalene	C ₁₅ H ₂₄	A,D	58,59,19
烯类 Alkenes	石竹烯 Caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	A,C,D,E,F	12,58,59,60,62
	双环大根香叶烯 Bicyclogermacrene	C ₁₅ H ₂₄	A	58,59,19
	α-佛手柑油烯 α-Bergamotene	C ₁₅ H ₂₄	A	58,59,17
	α-葎草烯 α-Humulene	C ₁₅ H ₂₄	A,C	12,58
	β-葎草烯 β-Humulene	C ₁₅ H ₂₄	B	61
	(-)-α-蒎烯 (-)-α-Pinene	C ₁₀ H ₁₆	A,B,C,D,E,F	12,58,59,60,61,62
	L-柠檬烯 L-limonene	C ₁₀ H ₁₆	A,B,C,E,D	12,58,59,61,62
	大香叶烯 D Germacrene D	C ₁₅ H ₂₄	A,D,F	58,59,60
	别罗勒烯 Alloocimene	C ₁₀ H ₁₆	B	61
	菽烯 Camphene	C ₁₀ H ₁₆	A,B,C,D,F	12,58,59,60,61
	(<i>E</i>)-7,11-二甲基-3-亚甲基-1,6,10-十二碳三烯(<i>E</i>)-7,11-Dimethyl-3-methylene-1,6,10-dodecatriene	C ₁₅ H ₂₄	A	58,16,17
	(<i>S</i>)-1-甲基-4-(5-甲基-1-亚甲基-4-己烯基)-环己烯(<i>S</i>)-1-Methyl-4-(5-methyl-1-methylene-4-hexenyl)-cyclohexene	C ₁₅ H ₂₄	A	58
	3,3,6-三甲基-1,4,6-庚三烯 3,3,6-Trimethyl-1,4,6-heptatriene	C ₁₀ H ₁₆	A	58,14
	β-月桂烯 β-Myrcene	C ₁₀ H ₁₆	A,C,D,F	12,13,58,59,60
	α-可巴烯 α-Copaene	C ₁₅ H ₂₄	A,C,E	12,58,62
	双环榄香烯 Bicycloelemene	C ₁₅ H ₂₄	A	58
	β-表檀香烯 β-Epi-santalene	C ₁₅ H ₂₄	A	58,17,19
	γ-檀香烯 γ-Santalene	C ₁₅ H ₂₄	A	58,17,19
	β-水芹烯 β-Phellandrene	C ₁₀ H ₁₆	A,B,C	12,58,61
	L-水芹烯 L-Phellandrene	C ₁₀ H ₁₆	A,E	58,62
	1,5-二环戊基-3-(2-环戊基乙基)-2-戊烯 1,5-Dicyclopentyl-3-(2-cyclopentylethyl)-2-pentene	C ₂₂ H ₃₈	E	62
	1 <i>S</i> -(1 <i>α</i> ,3 <i>αα</i> ,3 <i>ββ</i> ,6 <i>aβ</i>)-Decahydro-3 <i>a</i> -methyl-6-methylene-1-(1-methylethyl)-cyclobuta[1,2;3,4]dicyclopentene	C ₁₅ H ₂₄	A	58,17,19
	2,6-二甲基-6-(4-甲基-3-戊烯基)-二环[3.1.1]庚-2-烯 2,6-Dimethyl-6-(4-methyl-3-pentenyl)-bicyclo[3.1.1]hept-2-ene	C ₁₅ H ₂₄	A	58,17,19
	大香叶烯 B Germacrene B	C ₁₅ H ₂₄	A,D,F	58,59,60
	α-衣兰烯 α-Ylangene	C ₁₅ H ₂₄	A	58
	2-戊烯 2-Pentene	C ₅ H ₁₀	B	61

类型 Type	化合物 Compound	分子式 Formula	樟树叶来源 Camphor tree leaves origin	参考文献 References
	2,4-己二烯 2,4-Hexadiene	C ₆ H ₁₀	B	61
	甲基环戊烯 1-Methyl-cyclopentene	C ₆ H ₁₀	B	61
	5-甲基-1,3-环戊二烯 5-Methyl-1,3-cyclopentadiene	C ₆ H ₈	B	61
	α -侧柏烯 α -Thujene	C ₁₀ H ₁₆	A、B、C、F	12、58、60、61
	花柏烯 Chamigrene	C ₁₅ H ₂₄	E	62
	1,3,8-对-孟三烯 1,3,8- <i>p</i> -Menthatriene	C ₁₀ H ₁₄	B、D	59、61
	罗勒烯 3,7-Dimethyl-1,3,6-otatriene	C ₁₀ H ₁₆	B、D	59、61
	2-萹烯 2-Carene	C ₁₀ H ₁₆	D、F	59、60
	3-萹烯 3-Carene	C ₁₀ H ₁₆	F	60
	萹品油烯 Terpinolene	C ₁₀ H ₁₆	D、E、F	59、60、62
	去氢白菖烯 Calamenene	C ₁₅ H ₂₂	D	59
	(+)-香橙烯 (+)-Aromadendrene	C ₁₅ H ₂₄	C、D	12、59、17、19
	愈创木烯 Guaiene	C ₁₅ H ₂₄	D、E	59、62
	(+)- γ -古芸烯 (+)- γ -Gurjunene	C ₁₅ H ₂₄	D	59、17、19
	β -瑟林烯 β -Selinene	C ₁₅ H ₂₄	D、E、F	59、60、62
	γ -芹子烯 γ -Selinene	C ₁₅ H ₂₄	E	62
	α -榄香烯 α -Elemene	C ₁₅ H ₂₄	D	59、17、19
	马兜铃烯 (-)-Aristolene	C ₁₅ H ₂₄	D	59、17、19
	异喇叭烯 Isoledene	C ₁₅ H ₂₄	D、E	59、62
	β -松油烯 β -Terpinene	C ₁₀ H ₁₆	D	58
	α -松油烯 α -Terpinene	C ₁₀ H ₁₆	B、C	12、61
	桉烯 Sabinene	C ₁₀ H ₁₆	B、C	12、61
	2,6-二甲基-1,3,5,7-辛四烯 2,6-Dimethyl-1,3,5,7-octatetraene	C ₁₀ H ₁₄	B	61
	α -荜澄茄油烯 α -Cubebene	C ₁₅ H ₂₄	A、D、E	58、59、62
	(-)-表-双环倍半水芹烯 (-)-Epi-bicyclosesquiphellandrene	C ₁₅ H ₂₄	A、D	58、59、17
	1-甲基-4-(1-甲基乙基)-1,4-环己二烯 1-Methyl-4-(1-methylethyl)-1,4-cyclohexadiene	C ₁₀ H ₁₆	A	58
	δ -榄香烯 δ -Elemene	C ₁₅ H ₂₄	A、D	58、59、19
	(-)- β -榄香烯 (-)- β -Elemene	C ₁₅ H ₂₄	A、D、E	58、59、62
醇类 Alcohols	橙花叔醇 Nerolidol	C ₁₅ H ₂₆ O	A、B、D、E、F	58、59、60、61、62
	α -松油醇 α -Terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O	A、B、C、D、E、F	12、13、58、60、61、62
	香柠烯醇 Bergamotenol	C ₁₅ H ₂₄ O	E	62
	橙花醇 Nerol	C ₁₀ H ₁₈ O	B	61
	1,8-桉叶素 1,8-Cineole	C ₁₀ H ₁₈ O	A、B、C、D	12、58、59、61
	3-甲基-1-戊烯-3-醇 3-Methyl-1-penten-3-ol	C ₆ H ₁₂ O	B	61
	3,3,6-三甲基-1,5-庚二烯-4-醇 3,3,6-Trimethyl-1,5-heptadien-4-ol	C ₁₀ H ₁₈ O	A	58、17、19
	3-辛烯-2-醇 3-Octen-2-ol	C ₈ H ₁₆ O	A	58
	(-)-异长叶醇 (-)-Isolongifolol	C ₁₅ H ₂₆ O	D	59
	榄香醇 Elemol	C ₁₅ H ₂₆ O	F	60
	龙脑 Borneol	C ₁₀ H ₁₈ O	A、B、C、F	13、58、60、61

类型 Type	化合物 Compound	分子式 Formula	樟树叶来源 Camphor tree leaves origin	参考文献 References
	反式- β -檀香醇 <i>Trans</i> - β -santalol	C ₁₅ H ₂₄ O	A	58
	喇叭茶醇 Ledol	C ₁₅ H ₂₆ O	A	58
	(-)-斯巴醇(-)-Spathulenol	C ₁₅ H ₂₄ O	A,B	58,61
	芳樟醇 Linalool	C ₁₀ H ₁₈ O	A,C,D,E,F	12,58,59,60,62
	α -檀香醇 α -Santalol	C ₁₅ H ₂₄ O	A,B	58,61
	4-萜烯醇 4-Terpineol	C ₁₀ H ₁₈ O	A,B,C,D,E,F	58,59,60,61,62
	β -檀香醇 β -Santalol	C ₁₅ H ₂₄ O	A	58
	2-甲基-5-(1-甲基乙基)-(1 α ,2 β ,5 α),二环[3.1.0]己烷-2-醇 2-Methyl-5-(1-methylethyl)-(1 α ,2 β ,5 α), bicyclo[3.1.0]hexan-2-ol	C ₁₀ H ₁₈ O	A,F	58,60,19
	桉油烯醇 1 ar -(1 $\alpha\alpha$,4 $\alpha\alpha$,7 β ,7 $\alpha\beta$,7 $\beta\beta$)-Decahydro-1,1,7-trimethyl-4-methylene-1H-cycloprop[e]azulen-7-ol	C ₁₅ H ₂₄ O	A,D	58,59,19
	1 R -(1 α ,3 α ,4 β)-4-Ethenyl- α , α ,4-trimethyl-3-(1-methylethenyl)-cyclohexanemethanol	C ₁₅ H ₂₆ O	A	58,16,17
	檀香醇 Santalol	C ₁₅ H ₂₄ O	A	58
	香叶醇 Gerani	C ₁₀ H ₁₈ O	B,D	59,61
	β -桉叶醇 β -Eudesmol	C ₁₅ H ₂₆ O	E	62
	3-己烯-1-醇 3-Hexen-1-ol	C ₆ H ₁₂ O	B	61
	3,6-辛二烯-1-醇 3,6-Octadiene-1-ol	C ₈ H ₁₄ O	B	61
	(-)-蓝桉醇(-)-Globulol	C ₁₅ H ₂₆ O	D	59,17,19
	顺, α -檀香醇 <i>Cis</i> , α -santalol	C ₁₅ H ₂₄ O	A	58,17,19
	3,7-二甲基-1,5,7-辛三烯-3-醇 3,7-Dimethyl-1,5,7-octatriene-3-ol	C ₁₃ H ₁₆ O	F	60
	脱氢芳樟醇 Hotrienol	C ₁₀ H ₁₆ O	B	61
	2,6-二甲基-1,7-辛二烯-3,6-二醇 2,6-Dimethyl-1,7-octadiene-3,6-diol	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	B	61
	3,7-二甲基-2,6-壬二烯-1-醇 3,7-Dimethyl-2,6-nonadien-1-ol	C ₁₂ H ₂₂ O	E	62
	2-甲基-2-己醇 2-Methyl-2-hexanol	C ₇ H ₁₆ O	E	62
	α -红没药醇 α -Bisabolol	C ₁₅ H ₂₆ O	A	58,17,19
	桧脑 Juniper camphor	C ₁₅ H ₂₆ O	D	59,17,19
	(<i>E</i>)-2-长松针烯-4-醇(<i>E</i>)-2-Caren-4-ol	C ₁₀ H ₁₈ O	D	59,16,17
	2,3,3-三甲基-二环[2.2.1]庚烷-2-醇 2,3,3-Trimethyl-bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol	C ₁₀ H ₁₈ O	A	58,16,17
	1 S -(1 α ,2 β ,5 α)-4,6,6-Trimethyl-bicyclo[3.1.1]hept-3-en-2-ol	C ₁₀ H ₁₆ O	A	58
醛酮类 Carbonyls	樟脑 Camphor	C ₁₀ H ₁₆ O	A,B,C,D,E,F	12,58,59,60,61,62
	樟烯酮 Campherone	C ₁₅ H ₂₄ O	A	58,17,19
	甲基异丁基甲酮 4-Methyl-2-pentanone	C ₆ H ₁₂ O	B	61
	4,4-Dimethyl-2-pentynal	C ₇ H ₁₀ O	B	61
	α -柠檬醛 α -Citral	C ₁₀ H ₁₈ O	B,E	61,62
	丙酮 Acetone	C ₃ H ₆ O	B	61
	5-乙烯基二氢-5-甲基-3(2H)-呋喃酮 5-Ethenyldihydro-5-methyl-2(3H)-furanone	C ₇ H ₁₀ O ₂	B	61

类型 Type	化合物 Compound	分子式 Formula	樟树叶来源 Camphor tree leaves origin	参考文献 References
	4-甲基-3-戊烯-2-酮 4-Methyl-3-penten-2-one	C ₆ H ₁₀ O	B	61
	2,4-戊二酮 2,4-Pentanedione	C ₅ H ₈ O ₂	B	61
	反-桉烯水合物 <i>Trans</i> -sabinenehydrate	C ₁₀ H ₁₈ O	B	61
	3,3,6-三甲基-1,5-庚二烯-4-酮 3,3,6-Trimethyl-1,5-heptadien-4-one	C ₁₀ H ₁₆ O	A	58,16,17
	3,4-二甲基-3-环己烯-1-甲醛 3,4-Dimethyl-3-cyclohexen-1-carboxaldehyde	C ₉ H ₁₄ O	A	58,17,19
酸类 Acids	十三碳-2-炔基酯-3-甲基-2-丁烯酸 Tridec-2-ynyl-ester-3-Methyl-2-butenic acid	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	A	58,17,19
酯类 Esters	(<i>E</i>)-己-3-烯基丁酸酯 (<i>E</i>)-3-Hexenyl ester butanoic acid	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	D	59,17,19
	左旋乙酸冰片酯 1-Bornyl acetate	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	D	59,17,19
	丁酸叶醇酯 3-Hexenyl-butyrate	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	B	61
	乙酸橙花叔醇酯 Nerolidol acetate	C ₁₇ H ₂₈ O ₂	C	12,17,19
其他类 Others	(-)-石竹烯氧化物 (-)-Caryophyllene oxide	C ₁₅ H ₂₄ O	A	58
	(<i>E</i>)-合欢烯氧化物 (<i>E</i>)-Farnesene epoxide	C ₁₅ H ₂₄ O	A	58,17,19
	喇叭茶烯氧化物 Ledene oxide	C ₁₅ H ₂₄ O ₂	D	59,17,19
	黄樟素 Safrole	C ₁₀ H ₁₀ O ₂	B,D	59,61
	氧化芳樟醇 Linalooloxide	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	B,D	59,61
	环氧芳樟醇 Epoxylinalol	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	B	61
	异香树烯环氧化物 Isoaromadendrene epoxide	C ₁₅ H ₂₄ O	D	59,17,19
	甲基丁香酚 Methyl eugenol	C ₁₁ H ₁₄ O ₂	F	60
	异丁子香酚 Isoeugenol	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	B	61
	异丁香酚甲醚 Methyl isoeugenol	C ₁₁ H ₁₄ O ₂	F	60
	2,3-二氢-甲基呋喃 2,3-Dihydro-4-methylfuran	C ₅ H ₈ O	B	61
	(<i>E</i>)-法尼烯氧化物 (<i>E</i>)-Farnesene epoxide	C ₁₅ H ₂₄ O	A	58,17,19

注:A-安徽,B-福建,C-广西,D-江西,E-湖南,F-武汉。

Note: A-Anhui, B-Fujian, C-Guangxi, D-Jiangxi, E-Hunan, F-Wuhan.

3.1.2 樟树叶乙醇提取物化学成分研究

樟树叶采用乙醇提取,所得提取物因富含大量活性成分,在生物活性领域存在巨大开发价值,因此一直成为国内外学者研究的热点^[63-65]。鲁世伟^[66]通过生长速率法研究了樟树叶乙醇提取物的抑菌活性,发现其中活性成分对苹果腐烂病菌、葡萄白腐病菌等多种植物病原菌抑制率显著,达到80%以上,进一步进行生物活性追踪,成功分离出一种新的活性物质。苏远波^[46]通过正交试验法优化了超声制备樟树叶乙醇提取物的条件,并与浸渍法、索氏提取法相对比,得到了从芳樟叶中提取具有抗癌活性的内酯类物质的最佳工艺条件。苏远波^[95]还研究了95%乙醇浸提樟树叶,并用五种有机溶剂依次萃取所得乙醇提取物,后采用细胞毒性检测和细胞集落

形成法鉴定出有较好抗肿瘤活性的萃取物部位。冉晓敏^[67]利用二次回归正交旋转法优化试验方案,找到了超声波耦合双水相(乙醇-硫酸铵)提取樟树多酚的最佳工艺条件。王宗成^[68]在单因素实验基础上,通过正交实验法发现了乙醇提取樟树叶中黄酮的最佳工艺条件。邓海英^[64]通过平板二倍稀释法和涂布平板法测定乙醇提取物的MIC和MBC,发现乙醇提取物对大肠杆菌等4种消化道感染细菌的抑制率很高。近年来,研究较多的樟树叶乙醇提取物主要有黄酮类、多酚类、内酯类、木脂素、叶绿素。其中,黄酮类化合物有芦丁、槲皮素、山奈酚和异鼠李素等,具有清楚自由基和抗氧化等良好的生物活性;多酚类物质以苯酚作基本结构,且含多个羟基,从结构分类主要有类黄酮、酚酸、木酚素和1,2-二苯乙

烯,具有良好的抗氧化活性;内酯类化合物常见的有 β -、 γ -和 δ -内酯,采用超声波、微波辅助提取具有抗癌活性的大环内酯已成为当下的研究热点;木脂素是由苯丙素氧化聚合而成的天然雌激素,由愈创木基、紫丁香基和对羟基苯基3种基本结构组成,具有抗肿瘤、降低胆固醇和抗氧化等多种生物功能。按基本碳架和缩合情况,木脂素可分为:简单木脂素、单

环氧木脂素、木脂内酯、环木脂素、环木脂内酯、双环氧木脂素等。目前,人们已经成功提取到芝麻素、细辛脂素等木脂素;叶绿素是衡量植物生理生化和环境指标的天然色素,随着人们对香料、植物性农药等产品的需求量增加,提取叶绿素应用于医药、食品、化妆品等行业逐渐成为樟树叶综合开发利用的重要趋势。相关研究详见表3。

表3 樟树叶乙醇提取物的研究

Table 3 Studies regarding the ethanol extraction of camphor tree leaves

类型 Type	提取方法 Extraction method	料液比 Solid-liquid ratio(g/mL)	提取时间 Extraction time (min)	提取温度 Extraction temperature(°C)	提取功率 Extraction power(W)	乙醇浓度 Ethanol concentration(V/V)	参考文献 References
黄酮类 Flavonoids	浸提法 Soaking extracting	1:10	150	75	-	60%	99
		1:30	120	80	-	70%	102
	微波辅助提取法 Microwave - assisted extraction	1:12	2	-	-	60%	98
		1:12	2	-	320	60%	106
		1:20	5	70	-	60%	107
多酚类 Polyphenols	超声辅助提取法 Ultrasonic - assisted extraction	1:20	40	70	400	60%	97
		浸提法 Soaking extracting	1:10	60	70	-	70%
	微波辅助提取法 Microwave - assisted extraction	1:60	6	80	-	80%	100
		超声辅助提取法 Ultrasonic - assisted extraction	1:40	25	-	-	60%
内酯类 Lactones	超声辅助提取法 Ultrasonic - assisted extraction	1:20	15	-	-	95%	46
		1:6	60	-	-	90%	104
木脂素 Lignans	超声辅助提取法 Ultrasonic - assisted extraction	1:25	75	50	300	95%	96
叶绿素 Chlorophyll	浸提法 Soaking extraction	1:6	240	60	-	-	103

3.2 樟树皮的化学成分研究

樟树皮,具有祛风、止痛、杀虫等多种药用功效^[69],且是一种良好的大气污染指示性的植物^[70,71]。目前,国内外学者对樟树皮中所含化学成分报道尚少。吴学文^[72]采用GC-MS分析鉴定出樟树皮精油中含量占95%以上的40种化合物,并通过ABTS⁺和LPO两种方法研究了精油的体外抗氧化能力,结果证明樟树皮清除自由基和脂质过氧化物能力优于花、叶。徐士钊^[73]首次通过正向硅胶、Sephadex LH-20等柱色谱方法分离樟树皮化学组

分,并利用波谱分析结合文献对照成功鉴定出芝麻素、亚油酸等11种化合物。张党权^[74]通过GC-MS、热脱附、热裂解等联用技术,对樟树皮化学成分进行了全面分析,得到其在不同条件下的成分及含量,并发现了具有极高应用价值的生物活性成分。林翔云^[75]对樟树皮化学成分的提取及其作用、制取价值以及樟树皮粉利用等也做了较为详细的介绍。Pandey^[94]利用GC分析了樟树皮精油成分,鉴别出10种化合物,其中含量最高的是樟脑,达到78.7%。

3.3 樟树籽(果实)的化学成分研究

目前,樟树籽的开发利用集中在樟树籽油、壳色素的提取及应用、主要成分的分析 and 结构研究上^[76]。在油脂成分方面,樟树籽含油量可达40%,其主要成分是葵酸和月桂酸,一方面用于食品行业可作优良的食用植物油,另一方面也是日用化学品、表面活性剂、消炎降脂药物等的优良原材料。因此,国内外学者公认其为制备生物柴油的重要原料。关于樟树籽(果实)精油成分的研究也有一定的发展:魏国升^[77]通过 FT-IR、GC-MS 研究了樟树籽提取物的化学组成,表征出樟树籽提取物中起缓蚀作用的物质并利用 SEM 观察到了缓蚀效果,从电化学角度探讨了提取物的缓蚀机理;李松林^[79]利用 GC-MS-DS 联用技术分离鉴别出樟树果实的43种挥发油成分;梁光义^[78]用毛细管气相色谱-质谱-计算机联用法分析樟树籽挥发油成分,鉴定出40种成分及其相对含量;顾静文^[81]利用 GC-MS、柱层析、核磁共振等方法,鉴定了樟树三个生化类型(本樟、油樟、芳樟)的果实三个不同生长期精油的化学成分及其变化规律;冉晓敏^[80]对樟树籽化学成分、生物活性以及现有提取分离工艺做了较为详细的综述;邱米^[82]提取不同成熟度的樟树果挥发油,利用 GC 及质谱手段分析和测定挥发油的化学成分和相对含量,结果表明挥发油提取率无显著差异。

3.4 樟树根的化学成分研究

樟树根为樟树科植物红叶木姜子的根,有祛风散寒、理气活气、止痛止痒、强心镇痉和杀虫等功效,主治风湿骨痛、跌打损伤、感冒头痛^[86]。关于樟树根的化学成分研究较少,不仅造成樟树资源浪费,而且也限制了樟树根附加值产品的开发利用^[84,85]。郭林林^[83]通过热裂解-气-质联用技术(Py-GC/MS)分析了樟树根苯/醇提取物,结合文献鉴定出70种化合物,占总峰面积的97.52%,经研究发现其中很多裂解产物是高级香料、食品、化妆品等的重要工业原料,某些生物活性成分还可用于化工和医药行业。江慧华^[87]、杨碧仙^[88]都通过超声辅助法提取樟树根总黄酮成分,在单因素基础上,又从超声波功率、提取温度等4因素进行正交实验研究,最终确定了最佳提取工艺,且发现影响因素依次为乙醇体积分数 > 料液比 > 超声波处理时间。

4 结语

樟树植物资源丰富,繁殖速度快,适应力强,在

我国长江以南、西南各省、台湾均有规模化栽培,在木质和非木质利用领域均有广泛应用。近些年,随着提取分离技术的推进和质谱联用等先进分析方法的应用,人们对樟树植物资源化学成分及其综合利用愈加深入。樟树不同部位化学组分差异较大,所含活性物质也具有不同的研究和经济价值。然而,可能是考虑到资源可再生及资源加工难易等因素,现有研究多集中对樟树叶的研究上,皮、果次之,根茎极少,而如果要加强这些部位的应用,还需要进一步解决资源利用可持续性,改进针对性的加工机械,特别是发掘这些部位更加独特的利用价值。本文对樟树植物资源分布、化学类型及不同部位的化学成分进行综述,可为全面开发高附加值产品提供理论依据,为可持续、规模化开发樟树植物资源提供更大可能性。

致谢:感谢中国林科院林产化学工业研究所研究团队建设创新工程项目(LHSXKQ2)的资助。

参考文献

- Li ZY(黎祖尧), et al. Jiangxi Camphor Tree(江西樟树). Nanchang: Jiangxi Science and Technology Publishing House, 2015. 14-28.
- Li ZS(李兆双), et al. Research progress on extraction of camphor oil. *Guangzhou Chem Ind* (广州化工), 2015, 43: 27-28.
- Li ZH(李振华), et al. Resource utilization presentation and expectation in *Cinnamomum camphora*. *Jiangxi Forest Sci Technol* (江西林业科技), 2007, 6: 30-33.
- Zhang GF, et al. RAPD analysis of different chemotypes of *Cinnamomum camphora*. *J Plant Res Environ*, 2007, 16: 17-21.
- Liang ZY(梁忠云), et al. Study on the component of a new chemical type of leaves oil from *Cinnamomum camphora*. *J Fujian Forest Sci Technol* (福建林业科技), 2010, 37: 102-104.
- Liu H(刘虹), et al. 5 Kinds of chemical type of leaves oil from *Cinnamomum camphora* in Guangxi. *Guangxi Forest Sci* (广西林业科学), 1992, 21: 181-186.
- Li GZ(李桂珍), et al. A new chemical type of leaves oil from *Cinnamomum camphora* in Guangxi. *Guangxi Forest Sci* (广西林业科学), 2011, 40: 143-144.
- Peng DH(彭东辉). Study on superior tree selection and tissue culture of *Cinnamomum Camphora*. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University (福建农林大学), MSc. 2004.

- 9 Tao GF(陶光复), *et al.* The chemical constituents of the essential oil from leaves of *Cinnamomum longepaniculatum* in Hubei, China. *J Wuhan Botan Res* (武汉植物学研究), 2002, 20:75-77.
- 10 Chen SX(陈尚钊), *et al.* Exploitation and utilization of natural linalool resources. *China Forest Sci Technol* (林业科技开发), 2013, 27:13-17.
- 11 Lin XY(林翔云). Natural linalool and synthetic linalool. *Chem Eng Equipment* (化学工程与装备), 2008, 37:21-25.
- 12 Chang XM(常新民), *et al.* Effect of different propagation method chemical constituents on linalool type *Cinnamomum camphora* leaf oil. *China Forest Sci Technol* (林业科技开发), 2013, 27:70-72.
- 13 Mo JG(莫建光), *et al.* Study on variations of content and main constituent of essential oil from stem and leaf of Linalool-type *Cinnamomum camphora* (Linn.) Presl in Guangxi Province. *Chem Ind Forest Prod* (林产化学与工业), 2010, 30:72-76.
- 14 Duan BL(段博莉). Study on genetic variation of leaf-oil and its main ingredients of *Cinnamomum camphora*. Beijing: Chinese Academy of Forestry (中国林业科学研究院), MSc. 2006.
- 15 Hu ND(胡女丹), *et al.* Process simulation of separating linalool from *Cinnamomum camphora* leaf essential oil by continuous vacuum distillation. *Nonwood Forest Res* (经济林研究), 2015, 33:154-158.
- 16 Sun LF(孙凌峰). Study on development direction and advantage of chemical industry of forest products in Jiangxi. *J Chem Ind Forest Prod* (林产化工通讯), 1995, 29:3-8.
- 17 Hu WJ(胡文杰), *et al.* Analysis on constituents and contents in leaf essential oil from three chemical types of *Cinnamomum camphora*. *J Central South Univ Forest Technol* (中南林业科技大学学报), 2012, 32:186-194.
- 18 Fu YX(付宇新), *et al.* A GC-MS analysis of volatile oil from different types of *Cinnamomum camphora* leaves. *J Forest Eng* (林业工程学报), 2016, 1(2):73-75.
- 19 Liu XX(刘星星), *et al.* Multivariate analyses of volatile chemical composition in leaves of different *Cinnamomum camphora* chemotypes. *Chin Bull Botan* (报植物学报), 2014, 49:161-163.
- 20 Liu X(刘亚), *et al.* Study on the chemical constituents of the volatile oil from *Cinnamomum camphora* leaves. *Chin J Analy Lab* (分析实验室), 2008, 27(1):88-92.
- 21 Zhang GF(张国防), *et al.* Analysis of principle component and chemistry type of essential oil from *Cinnamomum camphora* leaf in Fujian province. *J Plant Res Environ* (植物资源与环境学报), 2008, 17(1):24-27.
- 22 Zhou X(周翔), *et al.* Study on the chemical constituents of essential oil from linalool type of *Cinnamomum camphora* in Guangxi. *Food Sci Technol* (食品科技), 2011, 37:282-285.
- 23 Hu WJ(胡文杰), *et al.* Components and their contents in essential oils from different parts of camphor type. *J Northwest A & F Univ* (西北农林科技大学学报), 2014, 42:126-132.
- 24 Xiao PG(肖培根). New Traditional Chinese Medicine(新编中药志). Beijing: Chemical Industry Press, 2002. 927.
- 25 Wu ML(吴茂隆), *et al.* Research utilization and prospect of borneol camphor. *Jiangxi Forest Sci Technol* (江西林业科技), 2011, 39(2):33-35.
- 26 Wang Y(王怡), *et al.* Study on dose-response relationship and function of natural borneol in compound danshen dropping pill. *Chin Tradit Herbal Drugs* (江西林业科技), 2004, 35:672-673.
- 27 Chen JN(陈建南), *et al.* Analysis about composition of the essential oil and borneol from *Cinnamomum camphora* borneol. *J Chin Med Mater* (中药材), 2005, 28:781-782.
- 28 Chen HM(陈红梅), *et al.* The exploitation and utilization prospects of borneol *Cinnamomum camphora* resources in Ji'an, Jiangxi province. *Sci Silvae Sin* (林业科学), 2006, 42(3):94-98.
- 29 Huang HL(黄慧莲), *et al.* Study on the volatile oil of *Cinnamomum camphora* by GC-MS. *World Chin Med* (世界中医药), 2012, 7:453-455.
- 30 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 Forest Sci Technol* (江西林业科技), 2011, 39(3):1-2.
- 31 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.
- 32 Shi SJ, *et al.* Composition analysis of volatile oils from flowers, leaves and branches of *Cinnamomum camphora* chvar. Borneol in China. *J Essential Oil Res*, 2014, 25:395-401.
- 33 Ouyang SL(欧阳少林), *et al.* GC-MS analysis of essential oil from fruits of *Cinnamomum camphora* chvar. borneol. *Chin J Inf Tradit Chin Med* (中国中医药信息杂志), 2013, 20(11):58-60.
- 34 Liu TS(刘塔斯), *et al.* Determination of d-borneol in the different parts of *Cinnamomum camphora* by GC-MS. *China J Chin Mater Med* (中国中药杂志), 2009, 34:1692-1694.
- 35 Song YF, *et al.* Study on the exploration and application of natural borneol from cinnamons. *Flavour Fragr Cosmet*, 1998, 26(3):33-36.

- 36 Qiu FY(邱凤英), *et al.* Correlation between growth and essential oil contents of three chemical types of *Cinnamomum camphora*. *China Forest Sci Technol* (林业科技开发), 2014, 28(4):23-25.
- 37 Luo ZJ(罗中杰), *et al.* The status quo and future of *Cinnamomum longepaniculatum* in Yibin. *J Sichuan Normal Univ* (四川师范大学学报), 2011, 24:318-319.
- 38 Tao GF(陶光复). Phytochemical resources of camphor oils in Hubei, China. *Res Environ Yangtze Basin*(长江流域资源与环境), 2003, 12:124-126.
- 39 Gu JW(顾静文), *et al.* Comprehensive development and utilization of camphor resources. *J Chem Ind Forest Prod* (林产化工通讯), 1990, 2(2):36-37.
- 40 Zeng QH(曾清华). Preliminary study on extraction of camphor tree seed oil. *J Chem Ind Forest Prod* (林产化工通讯), 1991, 3(3):13-16.
- 41 Shi WY, *et al.* Study on chemical constituents of the essential oil and classification of types from *Cinnamomum camphora*. *Vox Sanguinis*, 2015, 13(2):77-81.
- 42 Hu WJ(胡文杰), *et al.* Study on antimicrobial activity and chemical constituents of the essential oil from the leaves of *Cinnamomum camphora* isonerolidol type. *China Forest Sci Technol* (林业科技开发), 2014, 28(6):69-71.
- 43 Hu WJ(胡文杰), *et al.* Comparative analysis of the components of essential oil from different parts in isonerolidol type by GC/MS. *J Northeast Forest Univ* (东北林业大学学报), 2014, 58:118-122.
- 44 Xiao FM(肖复明), *et al.* Biomass construction of six parts of *Cinnamomum camphora* of three chemical types. *Acta Agric Univ Jiangxiensis* (江西农业大学学报), 2014, 36:150-157.
- 45 Li HM(李洪梅), *et al.* Study on antiinflammatory effect of different chemotype of *Cinnamomum camphora* on rat arthritis model induced by freund's adjuvant. *China J Chin Mater Med* (中国中药杂志), 2009, 34:3251-3253.
- 46 Su YB(苏远波). Study on extraction of active components from *Cinnamomum camphora* leaves and their pharmacological activation. Xiamen: Xiamen University (厦门大学), MSc. 2006.
- 47 Zhang QG(张秋根), *et al.* The chemical constituents of the essential oil from the leaves of *Cinnamomum porrectum* (roxb.) kosterm from jinggang mountains. *Acta Agric Univ Jiangxiensis* (江西农业大学学报), 1994, 16:303-307.
- 48 Dung NNX, *et al.* Constituents of the leaf oil of *Cinnamomum camphora* Nees et Eberm from Hue. *Tap Chi Hoa Hocs*, 1994, 32(1):64-65.
- 49 Sun LF(孙凌峰), *et al.* Study on the chemical constituents of the front cut fraction from mixed camphor oil and its utilization. *J Yichun Univ* (宜春学院学报), 2004, 26(4):4-6.
- 50 Zhang YF(章亚芳), *et al.* GC-MS determination of volatile oil from leaves and twigs of dwarfed *Cinnamomum camphora* var. *linalifera* fujita with microwave assisted steam-distillation extraction. *Physical Testing Chem Anal*(理化检验:化学分册), 2012, 50:649-652.
- 51 Wang HQ(王怀青). The primary research of the essential oil element of *Cinnamomum camphora* L. leaf. *J Jiangsu Forest Sci Technol* (江苏林业科技), 2006, 33(1):8-11.
- 52 Sun CL(孙崇鲁), *et al.* Analysis of chemical composition of volatile oil in *Cinnamomum camphora* leaves and branches by GC-MS. *Flavour Fragr Cosmet* (香料香精化妆品), 2007, 35(1):7-9.
- 53 Zhang YM(张云梅), *et al.* Analysis of volatile components from fresh leaves of *Cinnamomum camphora*. *Chin J Anal Lab* (分析实验室), 2008, 27(5):76-79.
- 54 Wang F(王芑), *et al.* Analysis of chemical components from leaves of *Cinnamomum camphora* by GC/MS. *J Central South Univ Forest Technol* (中南林业科技大学学报), 2010, 30:117-120.
- 55 Zhu F, *et al.* Analysis of the volatile components in the leaves of *Cinnamomum camphora* by static headspace gas chromatography mass spectrometry combined with accurate weight measurement. *Chin J Chem*, 2010, 28:1451-1456.
- 56 Joshi SC, *et al.* Terpenoid diversity in the leaf essential oils of himalayan lauraceae species. *Chem Biodiver*, 2009, 6:1364-1373.
- 57 Liu T, *et al.* Determination of *d*-borneol in the different parts of *Cinnamomum camphora* by GC-MS. *China J Chin Mater Med*, 2009, 34:1692-1694.
- 58 Wang ZH(王智慧). A study on the chemical constituents in the leaves of *Cinnamomum camphora*. Hefei: Anhui Agricultural University (安徽农业大学), MSc. 2013.
- 59 Fu YX(付宇新), *et al.* GC-MS analysis of chemical constituents of the volatile oil from *Cinnamomum camphora* leaves by different extraction methods. *South China Forest Sci*(南方林业科学), 2015, 43(3):6-10.
- 60 Li L(黎莉), *et al.* Comparison of extracting volatile oils from fallen leaves of *Cinnamomum camphora* by different methods. *J Wuhan Instit Technol*(武汉工程大学学报), 2013, 35(12):42.
- 61 Zhang GF(张国防), *et al.* Analysis on chemical components and their contents of essential oil from *Cinnamomum camphora* leaf in fujian province. *J Plant Res Environ* (植物资源与环境学报), 2006, 15(4):70.
- 62 Wu XW(吴学文), *et al.* Essential oils from the leaves of

- Cinnamomum camphora*. *Guihaia* (广西植物), 2011, 31: 141.
- 63 Wu C. Study on antibacterial activity of ethanol extract of *Cinnamomum camphora*. *Amino Acids Biotic Res*, 2000, 22(2): 41-42.
- 64 Deng HY(邓海英), et al. Study on inhibition of *Cinnamomum camphora*. leaves extracts to several kinds of digestive tract infection bacteria. *Lishizhen Med Mater Med Res*(时珍国医国药), 2011, 22: 1781-1782.
- 65 Zeng J(曾娟), et al. Antioxidant activity of polyphenol in camphor leaf on lipid. *Mod Food Sci Technol* (现代食品科技), 2012, 28: 949-951.
- 66 Lu SW(鲁世伟). Studies on of agricultural antifungal constituents of *Cinnamomum camphora*. Qingdao: Qingdao Agricultural University(青岛农业大学), MSc. 2010.
- 67 Ran XM(冉晓敏), et al. Study on the extraction of polyphenol from camphortree leaves. *Food Machin*(食品与机械), 2011, 27(2): 51-54.
- 68 Wang ZC(王宗成), et al. Optimization of extraction technology of total flavonoids from leaves of camphor tree leaves by orthogonal experiment. *Lishizhen Med Mater Med Res*(时珍国医国药), 2015, 26: 2893.
- 69 Zhang L(张立), et al. The branches, bark, roots is the medicine of the pig disease. *China Animal Health* (中国动物保健), 2013, 22(4): 30.
- 70 Shi SX(史双昕), et al. Polybrominated diphenyl ethers in camphor bark from speedy developing urban in Jiangsu province. *Environ Sci* (环境科学), 2011, 32: 2654-2660.
- 71 Fu XX(傅晓旭). Bioaccumulation of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in tree bark and heavy metals in tree ringsat e-waste recycling area. Shanghai: East China University of Science and Technology (华东理工大学), MSc. 2014.
- 72 Wu XW(吴学文), et al. Essential oils of the different parts of *Cinnamomum camphora* in Hunan, China. *Nat Prod Res Dev*(天然产物研究与开发), 2008, 20: 1035-1039.
- 73 Xu SZ(徐士钊). Study on chemical constituents of barks of *Cinnamomum camphora*. *Chin Med Mod Distance Edu China* (中国中医药现代远程教育), 2016, 14: 134.
- 74 Zhang DQ(张党权). Chemical Basis of Resource Utilization from Camphor Tree(樟树资源化利用的化学基础). Beijing: Chemical Industry Press, 2011. 18-26.
- 75 Lin XY(林翔云). The Development and Utilization of *Cinnamomum camphora* (香樟开发利用). Beijing: Chemical Industry Press, 2009. 13-19.
- 76 Li WL(李卫林). An advanced research on the bioactive component in camphor seed. *J Wuyi Univ*(武夷学院学报), 2012, 31(2): 37-39.
- 77 Wei GS(魏国升). The Inhibition efficiency of plant corrosion Inhibitors extracted from *Cinnamomum camphora* leaves and seeds. Nanjing: Nanjing University of Science and Technology(南京理工大学), MSc. 2013.
- 78 Liang GY(梁光义), et al. Study on the essential oil of fruits from *Cinnamomum camphora*. *J Guiyang Coll Tradit Chin Med*(贵阳中医学院学报), 1994, 16(4): 59-60.
- 79 Li SL(李卫林), et al. Studies on the chemical constituents in the essential oil from the fruits of *Cinnamomum camphora*. *J Jiangxi Coll Tradit Chin Med* (江西中医药大学学报), 2005, 17(3): 36-37.
- 80 Ran XM(冉晓敏), et al. Advancement of active compositions in leaves and seeds of camphor tree. *Food Nutr China* (中国食物与营养), 2010, 16(8): 27-30.
- 81 Gu JW(顾静文), et al. Studies on the essential oils from the fruits of three types *Cinnamomum camphora*. *Jiangxi Sci* (江西科学), 1990, 8(2): 22-28.
- 82 Qiu M(邱米), et al. Studies on chemical constituents of essential oil from seeds of *Cinnamomum camphora* var. *linaloof-era fujita*. *Guihaia* (广西植物), 2013, 33: 887-890.
- 83 Guo LL(郭林林), et al. Analysis of chemical components of benzene/ethanol extractives from root wood of *Cinnamomum camphora* by Py-GC/MS. *J Central South Univ Forest Technol* (中南林业科技大学学报), 2011, 31: 142-147.
- 84 Singh P, et al. Fungal contamination of raw materials of some herbal drugs and recommendation of *Cinnamomum camphora* oil as herbal fungitoxicant. *Microbial Ecol*, 2008, 56: 555-560.
- 85 Liu RS, et al. Cinnamomin, a type II ribosome-inactivating protein, is a storage protein in the seed of the camphor tree (*Cinnamomum camphora*). *Biochem J*, 2002, 362: 659-663.
- 86 Gong Q(龚琴), et al. Comparative study on main pharmacodynamics of extracts from root and stem of different diametral camphor tree. *Jiangxi J Tradit Chin Med* (江西中医药), 2012, 43(6): 55-57.
- 87 Jiang HH(江慧华), et al. Optimization of technology of extracting total flavonoids in camphor tree root orthogonal test. *Hubei Agric Sci* (湖北农业科学), 2015, 54: 5711-5714.
- 88 Jiang HH(杨碧仙), et al. Optimization of the ultrasonic-assisted extraction technology of total flavonoids from *Cinnamomum camphora* roots. *Hubei Agric Sci* (湖北农业科学), 2013, 52: 2894-2896.
- 89 Li HW(李锡文). Relation between plant classification and chemistry of essential oil in *Cinnamomum glanduliferum* (wall.) nees and its allies. *Acta Phytotaxonom Sin* (植物分类学报), 1975, 13(4): 35-50.

- 90 Sun LF(孙凌峰), *et al.* Studies on extraction and analysis of the essential oil from the stem and leaf of the *Cinnamomum camphora*. *J Jiangxi Normal Univ* (江西师范大学学报), 1995, 11(4):347-351.
- 91 Shi WY(石皖阳), *et al.* Study on chemical constituents of the essential oil and classification of types from *Cinnamomum camphora*. *Vox Sanguinis* (植物学报), 1989, 31:209-214.
- 92 Fujita Y, *et al.* On the components of young and old shoots oils of *Cinnamomum camphora* Sieb. var. *linaloolifera* Fujita. *Nippon Nogeikagaku Kaishi*, 1973, 47:403-405.
- 93 Baruah AKS, *et al.* Examination of volatile oil of *Cinnamomum camphora* grown at Jorhat, Assam. *Ind J Pharm*, 1975: 3941.
- 94 Liu B. Economic benefit analysis of natural borneol from self-borneol camphor raw materials forests. *Jiangxi Forest Sci Technol*, 2013, 41(3):49-50.
- 95 Yuanbo SU, *et al.* Antitumor action of ethanolic extractives from camphora leaves. *Chem Ind Eng Progr*, 2006, 25:200-204.
- 96 Xia YQ(夏云麒). Study on the extraction and activity of lignan in leaves of Camphor. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University(福建农林大学), MSc. 2009.
- 97 Geng J. Extraction of flavonoids from *Cinnamomum camphora* leaves by ultrasonic. *Acta Agric Boreali-Occidentalis Sinica*, 2009, 18:267-270.
- 98 Wang X(王先). Extraction, separation, identification and antioxidant activities of flavonoid and polysaccharide from *Cinnamomum camphora* Leaves. Xiamen: Xiamen University(厦门大学), MSc. 2009.
- 99 Sun CL, *et al.* Study on the extraction method of flavonoids in *Cinnamomum camphora* leaves and antioxidation property. *Chem Eng*, 2006, 20(7):4-5.
- 100 Zhou HX(周海旭), *et al.* Microwave extraction of polyphenols from *Cinnamomum camphora*. *Food Mach* (食品与机械), 2013, 29:161-163.
- 101 Zhou HX, *et al.* Optimization of ultrasonic wave extraction process of polyphenols in *Cinnamomum camphora* leaf by response surface analysis. *Nonwood Forest Res*, 2013, 31:152-156.
- 102 Wang ZC(王宗成), *et al.* Optimization of extraction technology of total flavonoids from leaves of camphor tree leaves by orthogonal experiment. *Lishizhen Med Mater Med Res* (时珍国医国药), 2015, 26:2892-2894.
- 103 Sun CL(孙崇鲁). Extraction and stability of chlorophyll from *Cinnamomum camphora* leaves. *Food Res Dev* (食品研究与开发), 2012, 33(11):61-64.
- 104 Su YB(苏远波), *et al.* Studies on extracting of the active constituents of the nature plant of *Cinnamomum camphora* leaves. *Annual Meeting of the Chemical Engineering and Biological Chemical Industry*(全国化学工程与生物化工年会), 2005.
- 105 Zeng J(曾娟), *et al.* Antioxidant activity of polyphenol in camphor leaf on lipid. *Mod Food Sci Technol* (现代食品科技), 2012, 28:949-951.
- 106 Wang X, *et al.* Separation and purification of flavonoids from *Cinnamomum camphora* leaves via microwave-assisted extraction and macroporous resin adsorption. *Trans Chin Soc Agric Eng*, 2009, 25:138-141.
- 107 Zhang LN(张琳娜), *et al.* Study on technology for microwave-assisted extraction of flavonoids from *Cinnamomum camphora* leaf. *Beverage Ind* (饮料工业), 2012, 15(12):15-18.

(上接第 453 页)

- 11 Liang ZQ(梁志清), Bai JH(白纪红), Zhao RH(赵日红), *et al.* Effect of ginkgo flavone on nonalcoholic fatty liver disease in mice and the correlation analysis on NF- κ B in the action mechanism. *Nat Prod Res Dev* (天然产物研究与开发), 2016, 28:277-282.
- 12 Gao JM(高健美), Lu GH(陆国辉), Li YR(李艳茹), *et al.* Effects of gastrodin against tert-butyl hydroperoxide-induced injury in HL7702 cells via SIRT1/PGC-1 α pathway. *Pharmacol Clin Chin Mater Med* (中药药理与临床), 2014, 30:32-35.
- 13 Quesada AE, Nguyen ND, Rios A, *et al.* Morphoproteomics identifies constitutive activation of the mTORC2/Akt and NF- κ B pathways and expressions of IGF-1R, Sirt1, COX-2, and FASN in peripheral T-cell lymphomas: pathogenetic implications and therapeutic options. *Int J Clin Exp Pathol*, 2014, 7:8732-8739.