

芳香植物化学成分与有害物质研究进展

苗青^{1,2}, 赵祥升³, 杨美华^{1,3*}, 魏建和^{1,3}, 杨世海²

1. 中国医学科学院中国协和医科大学 药用植物研究所, 北京 100193

2. 吉林农业大学, 吉林 长春 130118

3. 中国医学科学院北京协和医学院 药用植物研究所海南分所 海南省南药资源保护与开发重点实验室, 海南 万宁 571533

摘要: 芳香植物是一类新兴的经济作物, 可以作为蔬菜、水果、中药、调味剂、观赏植物、茶等直接被利用, 也可以加工成精油或树脂等用于食品工业、日化工业、化妆品和医药等。我国芳香产业正处于起步阶段, 只有明确其化学成分, 才能更加合理开发和综合利用芳香植物资源, 使我国的芳香产业位于世界前列。对芳香植物中的主要化学成分和有害物质进行综述, 并对我国的芳香产业进行展望, 旨在提高芳香植物的利用价值、拓宽芳香植物的利用领域。

关键词: 芳香植物; 芳香成分; 药用成分; 有害物质; 芳香产业

中图分类号: R284 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2013)08-1062-07

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2013.08.027

Research progress in chemical constituents and harmful substances in aromatic plants

MIAO Qing^{1,2}, ZHAO Xiang-sheng³, YANG Mei-hua^{1,3}, WEI Jian-he^{1,3}, YANG Shi-hai²

1. Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medical Science, Peking Union Medical College, Beijing 100193, China

2. Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China

3. Hainan Branch Institute of Medicinal Plant, Hainan Provincial Key Laboratory of Resources Conservation and Development of Southern Medicine, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Wanning 571533, China

Key words: aromatic plants; aromatic constituents; medicinal constituents; harmful substances; aromatic industry

芳香植物 (aromatic plants) 是具有香气和可供提取芳香油的栽培植物和野生植物的总称, 是兼有药用植物和香料植物共有属性的植物类群。据不完全统计, 世界上有 3 600 多种芳香植物, 被有效开发利用的有 400 多种。我国是芳香植物资源丰富、种类最多的国家之一, 目前已发现的共有 70 余科 200 属 800 多种, 其中含精油较高的芳香植物约 370 种^[1]。我国的芳香植物具有以下特点: 一是分布范围广, 几乎遍及全国各地; 二是精油分布的科属相对集中, 主要集中在菊科、芸香科、樟科、唇形科等植物中^[2]; 三是香型较齐全, 世界上所有香型的芳香植物在我国均有分布, 如薰衣草、紫罗兰、薄荷、留兰香、桂花、玫瑰、龙脑香等, 并且有些香型的精油是我国的优势产品, 如樟脑、黄樟油、白

樟油、细毛樟油及灵香草、神农香菊油等; 四是生产价值高的芳香植物分布相对集中, 有利于建立具有一定规模效益的商品生产基地^[3]。

随着近代科学技术的飞速发展, 一些化学成分测试手段不断提高, 芳香植物体内含有的多种成分逐渐被人们所知, 这为全方位的开发利用芳香植物奠定了良好的基础。本文对芳香植物中的主要化学成分和有害物质进行综述, 旨在提高芳香植物的利用价值、拓宽芳香植物的利用领域。

1 芳香植物中的主要化学成分

芳香植物体内含有丰富的化学成分, 主要分为芳香成分、药用成分、营养成分和色素成分 4 大类, 此外, 大部分芳香植物含有抗氧化和抗菌成分^[4]。正是由于含有这些成分, 使得芳香植物除了可以作

收稿日期: 2012-11-08

基金项目: 海南省中药现代化专项“具有海南特色药食同源药材—益智仁高端保健食品的研发”(2010ZY011); 海南省中药现代化专项课题——肉豆蔻芳香产品开发与应用(2010ZY009); 中央公益性科研院所基本科研业务专项——益智原药材产品开发研究(2011HNB04)

作者简介: 苗青(1988—), 吉林农业大学在读硕士, 研究方向为药用植物栽培与育种。E-mail: miaoqing8@yahoo.cn

*通信作者 杨美华 Tel: (010)57833277 E-mail: yangmeihua15@hotmail.com

为香料植物使用外,还可作为观赏植物、草药以及食品,甚至可以作为天然防腐抗菌剂、抗氧化剂应用在食品和药品中。

1.1 芳香成分

芳香成分是芳香植物最具代表性的成分,通常由数10种以上的有机化合物组成,大致包括烃类、醇类、醛类、酮类、酚类、醚类、酯类、酸类等化学成分,常见的芳香成分见表1。芳香成分可以作为精油提取出来,是香料工业的原料,也是芳香植物特有用途的基础。芳香成分气味芬芳,能经由嗅觉神经进入脑部,从而促进人体吸收氧气,呼出二

氧化碳,使大脑供氧充足,长时间保持旺盛的精力,呈现最舒适的状态,如吸入柠檬、罗勒、迷迭香混合精油有提神的作用^[5],吸入甜橙精油可以使身体放松、心情愉悦^[6]。

1.2 药用成分

近年越来越多的研究表明芳香植物药用价值很高,具有抗菌消炎、镇静止痛、抗肿瘤、抗病毒等药理活性^[8-9],这主要归因于其所含的药用成分。芳香植物中的药用成分包括其特有的挥发性芳香成分和不挥发性成分,这些成分具有特有的药用功效,可作为中药用于治疗各种疾病或作为原料用于保健

表1 常见的芳香成分^[7]

Table 1 Common aromatic constituents

分类	化学成分	味道特征	主要的芳香植物来源
烃类	苧烯(limonene)	具有柠檬香气	柠檬、甜橙
	α -水芹烯(α -phellandrene)	具有新鲜柑橘、胡椒气息,并带有隐约的薄荷香味	茴香、肉桂、胡椒、八角茴香、莳萝
	β -石竹烯(β -caryophyllene)	香气介于丁香与松节油之间	丁香、胡椒、肉桂
	α -松油烯(α -terpinene)	具有似柑橘和柠檬香气	小豆蔻、甘牛至、芫荽
	α -蒎烯(α -pinene)	具有新鲜松脂香味	松树、迷迭香、芫荽、桔茗、柠檬
醇类	芳樟醇(linalool)	具有百合花和柑橘类香气	芳樟、伽罗木、玫瑰木、芫荽、香柠檬、香紫苏
	薄荷醇(menthol)	具有清凉感的薄荷样香气	薄荷、金钱草、紫苏
	α -松油醇(α -terpineol)	具有紫丁香花样香气,稀释后有桃子香味	甜橙、独活、小豆蔻、肉桂、柠檬、玉树
	大茴香醇(anisyl alcohol)	具有花香香气和茴香的清香	茴香、香荚兰
	桂醇(cinnamyl alcohol)	具有类似风信子与膏香香气,有甜味	肉桂、风信子、香石竹、水仙花
醛类	生姜醇(gingerol)	既有生姜的香气,又有生姜的辛辣味	生姜
	柠檬醛(citral)	具有浓郁柠檬香味	山苍子、柠檬草、柠檬、丁香罗勒
	苯甲醛(benzaldehyde)	具有浓郁杏仁香气和焦味	苦杏仁、藿香、风信子、依兰
	香兰素(vanillin)	具有香荚兰豆特有的香气,微甜	香荚兰、丁香、香茅
	肉桂醛(cinnamaldehyde)	具有尖锐的带有药香气的桂皮香气,并带辣中带甜的味道	肉桂、桂皮、藿香、风信子、玫瑰
酮类	莳萝醛(cumaldehyde)	具有桔茗和桂皮样香气	桔茗、桂皮、肉桂
	6-甲基-5-庚烯-2-酮(methyl heptenone)	具有近似于醋酸戊酯的水果香气及柠檬草香气	生姜、柠檬、香茅
	香芹酮(carvone)	具有香芹、莳萝籽和黑面包样香气	香芹、莳萝籽、薄荷、茴芹
	圆柚酮(nootkatone)	具有新鲜橘香	圆柚、柠檬
	薄荷酮(menthone)	具有似薄荷醇的气味	薄荷
酚类	丁二酮(diacetyl)	大量稀释后呈奶油香气	月桂、香旱芹、草莓
	丁香酚(eugenol)	具有强烈丁子香香气和特殊辛辣味	丁子香、丁香罗勒、月桂、肉桂
	百里香酚(thymol)	具有苯酚和药草香气	百里香、罗勒、香旱芹、牛至
	香芹酚(carvacrol)	具有似百里香酚的气味	百里香、牛至、甘牛至

续表 1

分类	化学成分	味道特征	主要的芳香植物来源
醚类	反式茴香脑 (<i>trans</i> -anethole)	具有茴香似香气, 有甜味	茴香、八角茴香
	丁香酚甲醚(eugenyl methylether)	具有雅致的丁香和康乃馨香气	众香子、丁香罗勒、月桂
	草蒿脑 (estragole)	具有大茴香样香气	大茴香、马郁兰、龙蒿、茴香
酯类	乙酸芳樟酯 (linalyl acetate)	具有似柠檬的果香	薰衣草、柠檬、香紫苏、茉莉、依兰、玫瑰、芳樟、罗勒
	乙酸香叶酯 (geranyl acetate)	具有玫瑰油与薰衣草油混合后样的香气, 稀释后呈苹果香味	香茅、姜草、柠檬草、香叶、苦橙、薰衣草、芫荽、生姜、圆当归
	乙酸松油酯 (terpinyl acetate)	具有香柠檬和薰衣草的混合香气和醋栗样香气	玉树、小豆蔻、苦橙、薰衣草
	1-乙酸薄荷酯 (1-menthyl acetate)	具有柔和的薄荷和浆果香气, 有凉、辣感	薄荷
	桂酸 (cinnamic acid)	具有树脂和蜂蜜花香	苏合香、桂皮、罗勒
酸类	L-苹果酸 (L-malicacid)	具有特殊的酸味	洋葱、香芹
	柠檬酸 (citric acid)	无臭, 有强酸味	柠檬
	酒石酸 (tartaric acid)	具有葡萄和白柠檬香气	葡萄

品中。常见药用成分见表 2。

1.3 营养成分

芳香植物中的营养成分包括人体必需的各种矿物质和维生素, 如钙、镁、铁、维生素 A 和 C 等, 因此芳香植物可作为芳香蔬菜或加工成各种营养食品。芳香蔬菜的开发和应用在欧美源远流长。目前芳香蔬菜在国内方兴未艾, 各大城市不断出现以芳香蔬菜为主题的餐馆。

1.4 色素成分^[35]

芳香植物含有丰富的天然色素, 可做天然染料, 尤其适用于食品着色。大多数芳香植物都含有类胡萝卜素 (类叶红素)、类黄酮等天然着色成分, 曾将洋甘菊作为羊毛的黄色原料; 番红花色素也被称为阿拉伯的黄色, 用于蛋糕、糖果、酒类的着色; 从红辣椒的果皮中可以得到橙红色的色素——橙黄, 现在用来做口红。同时, 色素成分提高了芳香植物的观赏价值。

1.5 抗氧化和抗菌成分

近期研究发现大部分芳香植物中的一些成分具有抗氧化和抗菌作用, 可以使其作为天然抗氧化剂、防腐抗菌剂应用在食品和药品等中。芳香植物中起到抗氧化作用的成分多为酚酸类物质, 其苯环上的酚羟基是抗氧化活性基团, 在清除烷氧自由基过程中主要是通过脱氢反应产生比较稳定的苯氧自由基来终止链式反应, 所产生的苯氧自由基的稳定性与其清除自由基活性密切相关^[36-37]。杨荣华^[38]、

Govaris 等^[39]对百里香中挥发性成分进行研究, 发现其抗氧化的主要成分是百里香酚和香芹酚; Ruberto 等^[40]、Ding 等^[41]发现牛至中的迷迭香酸酯、百里香酚和香芹酚具有抗氧化活性。同时芳香植物也含有抗菌作用的成分, 如薰衣草中的芳香醇^[42]、菖蒲^[43]中的细辛醚等都具有抗菌作用。鉴于芳香植物具有抗菌作用的成分, 在目前植物病原菌对化学杀菌剂产生抗药性、农药残留危害日渐加剧的形势下, 芳香植物可望开发成新型杀菌药物。

2 芳香植物中的有害物质

尽管芳香植物是天然的, 但与使用其他天然产物一样, 在带来益处的同时也会产生一些负面影响。芳香植物中的有害物质分为内源性和外源性有害物质, 二者都具有极大的危害。

2.1 内源性有害物质

芳香植物中的内源性有害物质多指芳香植物在生长发育过程中经过生物合成的次生代谢成分及其衍生物, 具有一定的毒性。芳香植物的毒性范围很广, 即使是有益的芳香植物, 如果过量摄取, 其中的有害化学成分也会对人体皮肤、呼吸系统、神经系统造成极大伤害, 有些会导致过敏甚至产生中毒现象。香精香料来源于芳香植物, 无论是在食用还是在日用中对其都有非常明确的规定。我国 2007 年更新的食用香精轻工业行业标准中明确规定了可以在食用香精中使用的食用香精辅料^[44], 2008 年更新的日用香精国家标准中明确指出可以应用日用香

表2 常见的药用成分
Table 2 Common medicinal constituents

分类	化学成分	药效	主要的芳香植物来源	文献
萜类	薄荷醇 (menthol)	左旋薄荷醇习称薄荷脑, 是薄荷油的主要组成部分, 具有镇痛、止痒、防腐、杀菌和清凉作用	薄荷、金钱草、紫苏	10
	金合欢醇 (farnesol)	具有杀菌、防腐和除异味作用	小豆蔻、辛夷、枇杷、金合欢、依兰	11
	莪术醇 (curcumol)	具有抗肿瘤、抗生育作用	蓬莪术、温郁金	12
	桉油精 (cineole)	有抗菌消炎、平喘、镇咳、祛痰等作用	姜花、樟树、蓝桉	13
	胡椒酮 (piperitone)	具有松弛平滑肌作用, 是治疗支气管哮喘的有效成分	芸香、阔叶桉	14
	紫苏醛 (perilla aldehyde)	具有抗衰老、降血脂、抗过敏炎症作用	紫苏、柠檬	15
	梔子苷 (gardenoside)	具有泻火除烦、清热利尿、凉血解毒作用	香梔子	16
	龙胆苦苷 (gentiopicroside)	具有保护肝脏、抗氧化、抗炎、镇痛及抗肿瘤等作用	龙胆	17
苯丙素类	广藿香酮 (pogostone)	具有抗炎、镇痛、防腐的作用	广藿香、藿香	18
	桂皮醛 (cinnamaldehyde)	具有解热镇痛、抗炎作用	肉桂、藿香、风信子、玫瑰	19
	阿魏酸 (ferulic acid)	具有抗动脉粥样硬化、抗炎、抗凝、解毒、保肝、调节免疫作用	阿魏、川芎、升麻、洋葱、白花春黄菊	20
	丹参素 (danshensu)	具有抗炎、抗肿瘤、抗脑血栓和保肝作用	丹参、鼠尾草	21
	丁香酚 (eugenol)	具有麻醉、抗炎、抗过敏、解热、松弛血管等作用	丁香、丁香罗勒、月桂、肉桂	22
	甲基丁香酚 (methyleugenol)	具有镇咳、祛痰、镇静、镇痛作用	细辛、丁香	23
黄酮类	芹菜素 (apigenin)	具有抗肿瘤、抗炎症、降血压、抗动脉硬化、抗血栓、抗焦虑等作用	旱芹、水蔓青、芹菜	24
	槲皮素 (quercetin)	具有抗肿瘤、抗炎、抗氧化、降压、抗菌、抗病毒、抗过敏、抗血小板聚集和清除自由基等作用	伊比利亚栎、红八角莲、红旱莲、红麻	25
	橙皮苷 (hesperidin)	具有抗炎、抗氧化、抗菌、抗癌、调节免疫力、防辐射、保护心血管系统等作用	甜橙、柠檬	26
	黄芩苷 (baicalin)	具有降压、镇静、保肝、利胆、抗菌、消炎等作用	黄芩	27
	红花苷 (carthamin)	具有防腐蚀、抗氧化、抑制血栓形成的作用	红花	28
生物碱	水苏碱 (stachydrine)	具有抗炎、镇痛、利尿、保护肾脏等作用	益母草、清风藤、水苏、刺山柑	29
	胡椒碱 (piperine)	具有中枢抑制、解热、镇痛、抗炎等作用	胡椒、荜茇	30
	槟榔碱 (arecoline)	具有驱虫、杀菌、抗血栓形成、抗动脉粥样硬化等作用	槟榔	31
	苦参碱 (mstrine)	具有抗心律失常、抗炎、抗纤维化、抗肿瘤等作用	苦参	32
	小檗碱 (berberine)	具有抗菌、抗炎、抗肿瘤、治疗心血管疾病、辅助治疗糖尿病等作用	黄柏、黄连	33
	延胡索乙素 (tetrahydropalmatine)	具有镇痛、降压、抗心律失常、抗血栓、钙拮抗、抑制胃酸分泌等作用	延胡索、秃叶黄皮树、华千金藤	34

精的 11 类产品及日用香精中限用的香料, 以及在 11 类产品中的最高限量 (部分常用香料在芳香产品中的最高限量见表 3) [45]。2011 年更新的国家标准食品添加剂使用标准中规定了食品添加剂的使用原则、允许使用的食品添加剂品种、使用范围及最大使用量或残留量[46]。国际日用香料香精协会 (IFRA) 在 1973 年成立于美国, 这个国际化的香料组织目前公布了约 1 000 种日用香料的安全资料。由此可见, 人们越来越重视香精香料的合理使用。芳香植物中常见的内源性有害物质多为酚类、醛类和酮类化合物 (表 4)。

2.2 外源性有害物质

芳香植物中的外源性有害物质是指从所接触的土壤、水、大气等自然环境中吸附或蓄积的有害物质, 也可能是因在加工、贮藏中所造成的污染所致[49]。2009 年发布的《食用香料香精产品生产许可实施细则》中规定了配制香精用水应为饮用水, 其细菌总数不应超过 100 cfu/mL [50]。2011 年我国发布了《精油和芳香萃取物残留苯含量的测定》国家标准, 规定了用静态顶空气相色谱法测定精油和芳香萃取物中残留的对人体极为有害的痕量苯[51]。孔志强等[52]用超高效液相色谱-串联质谱法测定了柑橘及柑橘精油中 4 种农药的残留情况, 结果发现在柑橘果皮及柑橘精油中咪唑胺量远超过国家规定的每日允许摄入量。目前, 对外源性有害物质的研究还远远不够, 应继续完善对外源性有害物质的相关限量标准, 加大对其检测力度。

表 3 常用香料在芳香产品中的最高限量

Table 3 Maximum limits of spices commonly used in aromatic products

限用香料	芳香产品中最高限量 / %
α -戊基肉桂醇 (α -amyl cinnamic alcohol)	1.6
大茴香醇 (anisyl alcohol)	0.7
肉桂酸苄酯 (benzyl cinnamate)	2.1
对叔丁基二氢肉桂醛 (<i>p</i> -tert-butyl dihydro-cinnamaldehyde)	0.5
对叔丁基- α -甲基氢化肉桂醛 (<i>p</i> -tert-butyl- α -methylhydrocinnamaldehyde)	1.9
肉桂醇 (cinnamic alcohol)	1.4
肉桂醛 (cinnamic aldehyde)	0.3
柠檬醛 (citral)	0.6
香茅醇 (citronellol)	13.3
丁香酚 (eugenol)	2.7
金合欢醇 (farnesol)	1.2
香叶醇 (geraniol)	5.3
异丁香酚 (isoeugenol)	0.1
α -甲基肉桂醛 (α -methyl-cinnamaldehyde)	1.6
苯乙醛 (phenylacetaldehyde)	0.3
香豆素 (coumarin)	1.6
香芹酮 (carvone)	1.2
庚炔羧酸甲酯 (methyl heptene carbonate)	0.01
辛炔羧酸甲酯 (methyl octene carbonate)	0.002

表 4 常见的有害化学成分[47-48]

Table 4 Common harmful chemical constituents

危害	化学成分	每日容许摄入量	主要的芳香植物来源
易产生过敏反应, 有些是由于阳 光照射, 有些是由于氧化造成	<i>N</i> -甲基邻氨基苯甲酸甲酯 (dimethyl anthranilate)	0~0.2 mg/kg (FAO/WHO, 1994)	桔叶、芸香
	大茴香醇 (aise alcohol)	1.0 mg/kg (欧洲理事会)	茴香、香荚兰
	丁香酚 (egenol)	0~2.5 mg/kg (FAO/WHO, 1994)	丁香、丁香罗勒、月桂、肉桂
	异丁香酚 (ioeugenol)	5.0 mg/kg (欧洲理事会)	肉豆蔻、依兰
	芳樟醇 (lnalool)	0~0.5 mg/kg (FAO/WHO, 1994)	芳樟、伽罗木、玫瑰木、芫荽、香柠檬、香紫苏
	苯甲酸苄酯 (bnzyl benzoate)	0~5.0 mg/kg (FAO/WHO, 1994)	晚香玉、香石竹
有毒, 具有刺激性, 有些甚至能 致癌	香茅醇 (ctronellol)	0~0.5 mg/kg (FAO/WHO, 1994)	香茅、水仙、玫瑰
	龙蒿脑 (etragole)	尚未规定 (FAO/WHO, 1994)	大茴香、小茴香、罗勒、月桂子
	香叶醇 (graniol)	0~5.0 mg/kg (欧洲理事会)	九里香、大蒜、月桂、芸香草、玫瑰

续表 4

危害	化学成分	每日容许摄入量	主要的芳香植物来源
有毒, 具有刺激性, 有些甚至能致癌	香芹酮 (carvone)	0~1.0 mg/kg (FAO/WHO, 1994)	香芹、莳萝籽、薄荷、茴芹
	苯甲醛 (benzaldehyde)	0~5.0 mg/kg (FAO/WHO, 1994)	苦杏仁、藿香、风信子、依兰
	肉桂醛 (cinnamaldehyde)	尚未规定 (FAO/WHO, 1994)	肉桂、桂皮、藿香、风信子、玫瑰
	柠檬醛 (citral)	0~0.5 mg/kg (FAO/WHO, 1994)	山苍子、柠檬草、柠檬、丁香、罗勒
	苯乙醛 (phenylacetaldehyde)	尚未规定 (FAO/WHO, 1994)	风信子、水仙

3 存在问题与展望

芳香植物资源是大自然赐予人类的宝贵财富, 为人们的日常生活增香添色, 极大地丰富了人们的生活。随着芳香植物的开发与使用以及毒理学研究的深入, 人们对芳香植物从不了解到盲目地推崇再到理性地认识与运用需要一个长期的过程。目前, 我国芳香植物资源的开发基本上还处于初级阶段, 存在以下几个问题^[53]: 一是品种开发面窄, 我国对芳香植物的开发利用主要集中在木本植物, 对草本类芳香植物的开发研究甚少; 二是提取精油工艺落后、深加工产品少, 由于资金技术等原因, 我国精油提取设备工艺较为落后, 这直接导致出油率低, 并且得到的产品多为初级原料, 这些原料只有经过深加工, 才能产生巨大的经济效益; 三是对芳香植物开发应用形式单一, 仅局限于提取精油作为香料, 很少能进入食品、药品等领域, 没有很好地开发出芳香植物的价值。

芳香植物是具有广阔市场前景的经济作物, 因此应积极开展芳香植物资源的合理开发和综合利用^[3]: 对我国芳香植物资源进行全面普查, 制定芳香植物开发利用规划, 有计划、有步骤地开发芳香植物资源, 以便尽快把资源优势转化为经济优势; 建立栽培、加工、销售相结合的生产体系, 有效控制生产规模, 稳定原料供应, 降低生产成本, 从而提高资源利用率和经济效益; 以市场需求为导向, 建立芳香植物生产基地; 增加资金投入, 改进工艺, 提高加工水平, 加强新技术、新工艺的研究和推广; 重视芳香植物的综合利用, 最大限度地开发其价值; 完善关于芳香植物及其产品中有害物质的相关标准, 安全合理地利用芳香植物。只有这样, 才能更加健康规范地使用芳香植物, 更好地利用自然界宝藏, 使我国的芳香产业得到质的飞跃。

参考文献

[1] 鹿毅, 李静, 杨涛, 等. 芳疗植物精油标准体系的研究 [J]. 农业机械, 2011(5): 67-70.

- [2] 李颖. 芳香植物的保健功能 [J]. 农业科技与发展 (现代园林), 2012(2): 20-23.
- [3] 吴卓珈, 徐哲民, 李春涛. 芳香植物的研究进展 [J]. 安徽农业科学, 2005, 33(12): 2393-2396.
- [4] 仲秀娟, 李桂祥, 赵苏海, 等. 谈芳香植物应用及前景 [J]. 现代农业科技, 2008(24): 105.
- [5] 吴楚材, 郑群明. 植物精气研究 [J]. 中国城市林业, 2005(3): 61-63.
- [6] Hongratanaworakit T, Buchbauer G. Human behavioral and physiological reaction to inhalation of sweet orange oil [J]. *Acta Horticult*, 2005, 679: 75-81.
- [7] 张卫明, 肖正春. 中国辛香料植物资源开发与利用 [M]. 南京: 东南大学出版社, 2007.
- [8] 欧阳胜, 申作洁, 潘琳娜. 白桂木抗炎镇痛作用有效部位筛选 [J]. 中草药, 2010, 41(11): 1850-1853.
- [9] 李勇, 丛斌, 董玫, 等. 土木香中倍半萜内酯抗肿瘤活性及构效关系研究 [J]. 中草药, 2010, 41(8): 1336-1338.
- [10] 刘红杰, 金若敏. 薄荷油研究进展 [J]. 山东中医药大学学报, 2006, 30(6): 502-505.
- [11] 赵振东, 苏文强, 陈风雨, 等. 金合欢醇的资源及其生物活性应用研究进展 [J]. 林产化学与工业, 2005, 25(增刊): 175-178.
- [12] 钟章锋, 陈修平, 吴铁, 等. 莪术醇的研究进展 [J]. 中国药房, 2010, 31(21): 2959-2961.
- [13] 何兵, 田吉, 刘艳, 等. HPLC测定11种中药挥发油中桉油精的含量 [J]. 药物分析杂志, 2012, 32(5): 769-771.
- [14] 欧阳文, 唐绍宗, 徐若飞, 等. 胡椒酮在功能型卷烟中的应用研究 [J]. 西南农业学报, 2011, 24(4): 1313-1316.
- [15] 董玲婉, 周丽娜. 紫苏药理作用研究进展 [J]. 综述报告, 2008, 17(1): 61-62.
- [16] 王志超, 杨小龙, 张珂, 等. 梔子苷药理作用的研究进展 [J]. 河南科技大学学报: 医学版, 2012, 30(2): 159-160.
- [17] 郭海凤, 朴惠顺. 龙胆苦苷的提取工艺及药理作用研究进展 [J]. 延边大学医学学报, 2010, 33(1): 70-73.
- [18] 赵书策, 贾强, 廖富林. 广藿香提取物的抗炎、镇痛药理研究 [J]. 中成药, 2007, 29(2): 285-287.

- [19] 马悦颖, 李沧海, 李兰芳, 等. 桂皮醛解热镇痛抗炎作用的实验研究 [J]. 中国临床药理学与治疗学, 2006, 11(12): 1336-1339.
- [20] 殷华芳, 钱晓萍, 刘宝瑞. 阿魏酸抗肿瘤作用机制研究进展 [J]. 现代中西医结合杂志, 2010, 19(32): 4238-4240.
- [21] 张名娟. 丹参素的药理作用研究 [J]. 北方药学, 2012, 9(3): 106-107.
- [22] 邱 电, 张魁华, 方炳虎. 丁香酚的药理作用 [J]. 动物医学进展, 2007, 28(8): 101-103.
- [23] 周慧秋, 于 滨, 乔婉红, 等. 甲基丁香酚药理作用研究 [J]. 中医药学报, 2000(2): 79-80.
- [24] 孙 斌, 瞿伟菁, 张晓玲. 芹菜素的药理作用研究进展 [J]. 中药材, 2004, 27(7): 531-534.
- [25] 刘明学, 魏光辉. 槲皮素的药理学作用及临床应用前景 [J]. 中国药房, 2010, 21(27): 2581-2583.
- [26] 钱俊臻, 王伯初. 橙皮苷的药理作用研究进展 [J]. 天然产物研究与开发, 2010, 22: 176-180.
- [27] 黄志军. 黄芩苷药理作用研究进展 [J]. 天津药学, 2012, 24(3): 61-64.
- [28] 吴志燕, 贾岩龙, 赵繁荣, 等. 红花苷对白血病细胞的抑制增殖和诱导分化作用 [J]. 安徽农业科学, 2012, 40(9): 5165-5166.
- [29] 王 方, 王 灿. 水苏碱抗炎活性的研究 [J]. 中国药房, 2012, 23(3): 212-214.
- [30] 刘军辉, 吴 霞. 胡椒碱的药代动力学研究进展 [J]. 中国实验方剂学杂志, 2012, 18(10): 304-307.
- [31] 王 光, 胡 弼. 槟榔碱的研究进展 [J]. 国际病理科学与临床杂志, 2010, 30(2): 171-175.
- [32] 张丽华, 陈邦恩, 潘明佳. 苦参碱药理作用研究进展 [J]. 中草药, 2009, 40(6): 1000-1003.
- [33] 丁南南, 童珊珊, 丁丽霞, 等. 小檗碱的分析方法及药理作用研究进展 [J]. 药物分析杂志, 2012, 32(7): 1296-1300.
- [34] 徐 婷, 金昔陆, 曹惠明. 延胡索乙素药理作用的研究进展 [J]. 中国临床药理学杂志, 2001, 10(1): 58-60.
- [35] 姚 雷, 张少艾. 芳香植物 [M]. 上海: 上海教育出版社, 2002.
- [36] 王玲平, 周生茂, 周 洁. 植物酚类物质研究进展 [J]. 浙江农业学报, 2010, 22(5): 696-701.
- [37] 邵芳芳, 尹卫平. 重要的植物多酚及其抗氧化性能的研究概况 [J]. 西北药学杂志, 2010, 25(1): 66-68.
- [38] 杨荣华. 百里香精油挥发性成分的研究 [J]. 中国调味品, 2001(9): 22-24.
- [39] Govaris A, Solomakos N, Pexara A, Chatzopoulou P S. The antimicrobial effect of oregano essential oil, nisin and their combination against *Salmonella enteritidis* in minced sheep meat during refrigerated storage [J]. *Int J Food Microbiol*, 2010, 137: 175-180.
- [40] Ruberto G, Baratta M T, Sari M. Chemical composition and antioxidant activity of essential oils from Algerian *Origanum glandulosum* Desf [J]. *Flavour Frag J*, 2002, 17: 251-254.
- [41] Ding H Y, Chou T H. Antioxidant and antimelanogenic properties of rosmarinic acid methyl ester from *Origanum vulgare* [J]. *Food Chem*, 2010, 4: 254-262.
- [42] Lis-Balchin M, Hart S. Studies on the mode of action of the essential oil of lavender (*Lavandula angustifolia* P. Miller) [J]. *Phytother Res*, 1999, 3(6): 540-542.
- [43] 王玉璘, 王少侠, 郭 虹, 等. α -细辛醚药理学研究进展 [J]. 辽宁中医药学报, 2011, 13(12): 53-55.
- [44] 中华人民共和国轻工行业标准 QB/T 1505-2007 食用香精 [S]. 2007.
- [45] 中华人民共和国国家标准 GB/T 22731-2008 日用香精 [S]. 2008.
- [46] 中华人民共和国国家标准 GB/T 2760-2011 食品安全国家标准食品添加剂使用标准 [S]. 2011.
- [47] 吴 婷, 金其璋. 关于精油的若干问题 [J]. 香料香精化妆品, 2009(5): 33-38.
- [48] 王羽梅. 中国芳香植物 (上) [M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [49] 匡 莹, 杨美华. 酒类中外源性有害残留物及其检测方法研究进展 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38(18): 9854-9856.
- [50] 食用香料香精产品生产许可实施细则 [S]. 2009.
- [51] 中华人民共和国国家标准 GB/T 27580-2011/ISO 14714: 1998 精油和芳香萃取物 残留苯含量的测定 [S]. 2011.
- [52] 孔志强, 董丰收, 刘新刚, 等. 超高效液相色谱-串联质谱法测定柑橘及柑橘精油中 4 种农药残留 [J]. 化学分析, 2012, 40(3): 474-477.
- [53] 倪细炉, 朱 强, 田 英. 芳香植物研究与芳香产业现状综述 [J]. 农业科技通讯, 2011(4): 18-21.