

# 植物中萜烯的提取和分析方法研究进展

陆凡晴, 包 斌\*

上海海洋大学食品学院, 上海 201306

**摘要:** 萜类化合物广泛存在于自然界中, 是构成某些植物的香精、树脂、色素等的主要成分。了解萜烯的提取与分析方法对于进一步研究和应用萜类具有非常重要的意义。本文结合近年来的相关研究, 对植物中萜类化合物广泛采用的分离提取方法, 以及较为常见的分析鉴定方法进行了归纳总结。

**关键词:** 萜类化合物; 提取; 分析; 溶剂提取; GC-MS

中图分类号: R282.5

文献标识码: A

DOI: 10.16333/j.1001-6880.2016.S.036

## Review on Extraction and Analysis Method of Terpenoids from Plants

LU Fan-qing, BAO Bin\*

*College of food science and technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China*

**Abstract:** Terpenoids, widely existing in nature, are the main components of essential oils, resin, pigment in certain plants. In order to make further study and use of terpenoids, it is significant to know about extraction and analytical methods of terpenoids. This paper reviewed recent research, and discussed about widely used terpenoids extraction method as well as common analytical method.

**Key words:** terpenoids; extraction method; analytical method; solvent extraction; GC-MS

萜类(terpenoids)化合物是植物和动物体内大量存在的天然有机化合物, 其中有半数以上是在植物中发现, 分布极为广泛。藻类、菌类、苔藓类、地衣类、蕨类、裸子植物及被子植物中均存在萜类化合物, 其种类繁多, 数量庞大<sup>[1]</sup>。萜类化合物是分子骨架以异戊二烯单元(C<sub>5</sub>单位)为基本结构单元的化合物及其衍生物; 可根据分子骨架中异戊二烯单元的数目分类, 包括单萜、倍半萜、二萜、二倍半萜和三萜等<sup>[2]</sup>。单萜和倍半萜多为具有香气的油状液体, 在常温下可以挥发, 或为低熔点的固体。单萜的沸点比倍半萜低, 并且单萜和倍半萜随分子量和双键的增加、功能基的增多, 化合物的挥发性降低, 熔点和沸点相应增高。二萜和二倍半萜多为结晶性固体<sup>[2]</sup>。三萜化合物多数是以糖苷存于植物中<sup>[3]</sup>, 苷元为晶体。由于萜类化合物在农业、工业、医药生产等众多领域中均能得到应用, 因此, 对萜类化合物的提取和分析显得尤为重要。本文对近几年植物中萜类化合物的提取和分析方法加以总结, 综述如下。

## 1 植物中萜烯的提取

### 1.1 溶剂法提取

溶剂提取法是国内外提取植物萜类应用最广泛的方法。萜类化合物亲脂性强, 易溶于醇及脂溶性有机溶剂, 难溶于水。因此溶剂提取所用的有机溶剂包括无水乙醇<sup>[4]</sup>、乙酸乙酯<sup>[4,8]</sup>、乙醚<sup>[5,13,36]</sup>、丙酮<sup>[5]</sup>和石油醚<sup>[6,10]</sup>等。文福姬<sup>[7]</sup>等分别采用乙醇和丙酮/水(7:3, v/v)混合液对松树叶进行提取, 常温下浸提3天后得到松树精油, 采用气相色谱-质谱(GC-MS)分析其中各类萜烯含量。结果显示: 在乙醇提取的松树精油中, 含氧萜烯含量大于丙酮/水提取物中的含量, 但倍半萜烯含量的结果相反, 单萜烯含量在两种溶剂所得到的提取物中接近。郑晓晴<sup>[8]</sup>等在优化车前草总三萜(TTP)的提取工艺中也选择乙醇溶剂法。作者采用乙醇回流提取, 再用石油醚萃取, 直至醚层近无色; 取水层部分, 用乙酸乙酯萃取, 直至乙酸乙酯层近无色; 取乙酸乙酯层, 水浴蒸干, 再用无水乙醇溶解, 采用比色法测定总三萜含量。最后得到的最佳提取工艺为8倍量的95%乙醇提取, 提取2次, 每次1h。

在溶剂提取中, 针对不同的萜类所采用的提取

收稿日期: 2015-10-20 接受日期: 2016-01-20

基金项目: 上海市创新行动计划(14431906000); 国家自然科学基金(81502955)

\* 通讯作者 E-mail: bbao@shou.edu.cn

溶剂不同。单萜中的环烯醚萜类多以单糖苷的形式存在,苷元分子较小,常常带有羟基,故有较强的亲水性,易溶于水、甲醇、乙醇及正丁醇等溶剂中,它们的提取一般用甲醇或乙醇来进行,然后经减压浓缩后转溶于水,过滤除去水不溶性杂质,继而用乙醚或石油醚萃取,除去残留的树脂类脂溶性杂质,溶液再用正丁醇萃取,减压回收正丁醇,即可得到总环烯醚萜苷等;而非苷形式的萜类,一般有较强的亲脂性,可溶于甲醇及乙醇,易溶于乙酸乙酯、氯仿、苯及乙醚等有机溶剂中,其提取方法通常用甲醇或乙醇提取后,减压回收醇溶剂至无酸味,残留液再用乙酸乙酯萃取,回收溶液得总萜类提取物。亦可用极性不同的亲脂性溶剂按极性递增的方法依次分别提取,得到不同极性的萜类提取物<sup>[9]</sup>。

溶剂提取时,可采用渗漉法、室温浸泡或热回流提取法<sup>[8,29]</sup>,也可以采用索氏提取方法以及超声波辅助提取等。黎继烈<sup>[10]</sup>等采用索氏提取法对缙草精油进行提取并通过正交试验对提取工艺进行优化,提取溶剂为石油醚,用气相色谱-质谱定性定量分析缙草精油,共鉴定出42种化学成分,其中以萜烯类化合物为主,包括单萜和倍半萜。超声波辅助提取,可以提高细胞破碎度和有效成分的提取率。马承慧<sup>[11]</sup>等用95%乙醇,在超声波辅助的条件下浸提杜香鲜叶,得到杜香精油。作者在单因素试验的基础上,采用正交试验优化精油提取工艺,筛选出最佳提取条件,杜香精油经气相色谱-质谱分析,其中的萜类化合物有水芹烯、松油醇、 $\alpha$ -柏烯醛、香树脂醇和蒲公英甾醇等单萜和三萜类化合物。

## 1.2 蒸馏法提取

提取植物中的萜烯时也常用到水蒸气蒸馏法<sup>[13,14,24,33,34,36]</sup>、同时蒸馏萃取法<sup>[15,36]</sup>以及分子蒸馏技术等蒸馏法进行提取。萜类中的单萜和倍半萜类多具有挥发性,能随水蒸气蒸馏<sup>[12]</sup>。周欣<sup>[13]</sup>等在贵州采集追风伞(*Lysimachia trientaloides* Hemsl.)鲜草,以常压水蒸气蒸馏6h,用乙醚萃取两次,获得具有特殊气味、透明的黄色油状物,采用气相色谱-质谱进行分离鉴定,结果表明追风伞挥发油中主要成分为萜烯类及其含氧衍生物等,包括单萜类和倍半萜类。同时蒸馏-萃取法(SDE)将水蒸气蒸馏和馏出液的溶剂萃取两步合为一步,提高了萃取效率,并减少了有机溶剂的用量。骆海林<sup>[15]</sup>采用该方法从热风干燥的生姜中提取姜精油,含量最高的是姜烯(18.99%),其次是 $\beta$ -倍半水芹烯(14.35%),

$\alpha$ -合金欢烯(9.95%), $\alpha$ -姜黄烯(8.77%), $\beta$ -没药烯(5.63%)。此外,分子蒸馏技术是一种新型的液-液分离技术,其原理是根据轻重分子间运动自由程的不同而实现分离。杨颖<sup>[16]</sup>等以分子蒸馏技术对葡萄柚精油进行脱萜精制,选取新鲜葡萄柚果皮经压榨、离心、过滤,得葡萄柚原油。将原油装入分子蒸馏设备的进料瓶中,启动冷凝系统,设定真空度为500pa,蒸发面温度为45℃,待料液表面无气泡冒出,真空度和温度均达设定值后,打开进料阀,调节进料速度为2mL/min,转速为150rpm,进行分子蒸馏,收集馏出物和浓缩精油。结果表明馏出物中萜烯类物质含量达98%。

## 1.3 超临界CO<sub>2</sub>萃取法

超临界流体萃取分离是利用超临界流体的溶解能力与其密度的关系,即利用压力和温度对超临界流体溶解能力的影响而进行的。在超临界状态下,将超临界流体与待分离的物质接触,使其有选择性地依次把极性大小、沸点高低和相对分子质量大小不同的成分萃取出来<sup>[17-19]</sup>。故超临界萃取集合了溶剂萃取和蒸馏两种分离方法的功能,具有传统分离方法所不具有的优势。由于CO<sub>2</sub>临界条件易达到,无色无味无毒且安全性好,价格便宜,容易得到等优点,被广泛采用。武晓颖<sup>[20]</sup>等利用超临界CO<sub>2</sub>萃取法对侧柏树干挥发物进行萃取。萃取物为黄褐色膏状,具有浓郁的侧柏香气。经GC/MS分析其成分,萃取物中检测到的21种组分中以倍半萜烯及其氧化物为主,没有检测到单萜类物质。王丹清<sup>[21]</sup>等采用超临界CO<sub>2</sub>萃取法萃取柑橘精油中的萜烯类化合物,实现柑橘精油中萜烯类化合物与含氧化合物的分离。作者以7种单萜作为柑橘精油中萜烯化合物的代表,对萃取液和萃余液中的7种萜烯化合物的总质量分数采用GC进行定量测定。在最佳萃取条件下,萜烯类化合物和含氧化合物的分离效果最佳,萜烯类化合物的回收率最高可达90.03%。

## 2 植物中萜类化合物的分析

### 2.1 薄层色谱法(TLC)

薄层色谱分析方法(TLC)分析迅速、成本低廉,是适用于生化领域快速分离和定性分析少量物料的一种技术<sup>[22]</sup>。但TLC亦有其缺陷,其色谱结果易受铺板质量、点样技术、展开剂配制、层析环境中展开剂的饱和度、环境温湿度等因素的影响,有时难于重复,显色又受均匀性、灵敏度、稳定性等影响,这均使

测定结果偏差较大<sup>[23]</sup>。而随着电子技术的快速发展,单独 TLC 鉴定萜类已使用不多,但是该方法可与其它鉴定方法辅助使用。林正奎<sup>[24]</sup>等报道香桂叶精油化学成份的分离鉴定和含量测定。运用薄层析、红外光谱等方法分离鉴定出 3 个单萜烯,5 个含氧单萜化合物,2 个倍半萜和 1 个倍半萜含氧化合物。其中薄层析采用硅胶 G 板,正己烷检查烯烃,15% 乙酸乙酯-正己烷溶液检查含氧化合物,1% 香夹蓝醛浓硫酸试剂及浓硫酸为显色剂。王慧<sup>[25]</sup>等利用不同的倍半萜烯与 AgNO<sub>3</sub> 形成加成物的能力不同,采用 AgNO<sub>3</sub> 硅胶 G 铺成薄层板,正己烷:乙酸 = 28:1 (v/v) 为展开剂,经薄层层析得到 12 个斑点,再利用红外光谱、气相色谱-质谱从人参茎叶挥发油中分离鉴定 6 个倍半萜系类化合物。

## 2.2 高效液相色谱法(HPLC)

高效液相色谱法(HPLC)分离效果好且分析速度快,拥有多种多样的分离模式与检测方法,已成为目前应用最为广泛的液相色谱法。对于非挥发性的二萜、三萜一般采用 HPLC,结合适宜的检测器分析<sup>[1]</sup>。姜永幸<sup>[26]</sup>等以高效液相色谱对棉花中萜烯类化合物的种类和含量进行定性定量分析。采用 C<sub>18</sub>-bondapa 分离柱,柱温为 55 °C,紫外检测波长为 272 nm。流动相为乙醇、甲醇、异丙醇、乙腈、水、乙酸乙酯、甲酰二甲胺和磷酸(=16.7:4.6:12.1:20.2:37.4:3.8:5.1:0.1),流速为 1.25 mL/min。进样量为 5 μL。提取物中 5 种萜烯类化合物得到了很好的分离。实验表明,HPLC 法对棉花提取液中萜烯类化合物的分析具有很高的回收率和可重复性,是测定棉花萜烯类化合物的一种准确可靠的方法。陈靖<sup>[27]</sup>等采用 HPLC-UV-ELSD(蒸发光散射检测器)联用建立黄花蒿叶片中青蒿素及其生成倍半萜含量的检测方法,采用 Venusil XBP-C<sub>18</sub> 色谱柱(200 mm × 4.6 mm, 5 μm),流动相为乙腈-水梯度洗脱,检测波长 203 nm,流速为 1.0 mL/min,ELSD 载气压力设置为 0.35 MPa,喷嘴温度为 35 °C,漂移管温度为 60 °C,UV-ELSD 联用作为检测器,测定黄花蒿叶片中青蒿素、青蒿素 B、3α-羟基-1-去氧青蒿素含量。同一色谱柱条件下流动相改为乙腈-水-甲酸(体积比为 60.00:40.00:0.08),检测波长 215 nm,流速为 1.0 mL/min,利用 UV 检测器,测定黄花蒿叶片中青蒿酸含量。结果显示 4 种倍半萜在各自的线性范围内线性关系良好,平均加样回收率分别为 98.5%,96.5%,97.5%,95.4%。该方法可作为

黄花蒿中青蒿素及其相关倍半萜的含量测定方法。

## 2.3 液质联用色谱法(HPLC-MS)

色谱和质谱联用技术是对复杂样品进行定性、定量分析的有力工具<sup>[28]</sup>。姜黄根茎中所含的主要挥发油成分为倍半萜类化合物,通常挥发油成分可通过气相色谱(GC)和气相色谱-质谱(GC-MS)鉴定,很少有通过高效液相色谱(HPLC)鉴定倍半萜烯类化合物的报道。而丁晓晓<sup>[29]</sup>等通过高效液相色谱-质谱(HPLC-MS)联用技术对姜黄样品中的 7 种倍半萜烯类化合物进行了鉴定。使用 Zorbax Eclipse XDB-C<sub>18</sub> 色谱柱(250 × 4.6 mm, 5 μm)和 Zorbax C<sub>18</sub> 高压保护柱(12.5 × 4.6 mm, 5 μm)进行色谱分离。流动相由甲醇(A)和 0.1% 甲醇水溶液(B)组成。流速为 1.0 mL/min,进样量 30 μL。柱温为室温(25 ± 0.4 °C),检测波长为 275 nm。HPLC-MS 分析中,电喷雾电离源采用正负离子模,扫描范围(*m/z*)为 50 ~ 800。徐斌<sup>[30]</sup>等利用液质联用(LC/MS/MS)方法测定龙胆水煎剂中环烯醚萜类化合物龙胆苦苷(C<sub>16</sub>H<sub>20</sub>O<sub>9</sub>)、獐牙菜苦苷(C<sub>16</sub>H<sub>22</sub>O<sub>10</sub>)和马钱苷(C<sub>17</sub>H<sub>26</sub>O<sub>10</sub>)的含量。色谱柱为 J Sphere ODS-H80(150 mm × 2.0 mm, 4 μm),配预柱(C<sub>18</sub>, 4 mm × 2.0 mm);流动相为甲醇-10 mmol/L 醋酸铵缓冲溶液(30:70);流速为 200 μL/min。待测样品的进样量为 5 μL。离子源为电喷雾电离,采用多反应离子监测(MRM)模式进行正离子检测,用于定量分析的母/子离子对为:*m/z* 357.2 ~ 195.3(龙胆苦苷),*m/z* 392.1 ~ 195.2(獐牙菜苦苷),*m/z* 408.4 ~ 229.1(马钱苷)。串联质谱分析方法比普通的紫外检测方法更加灵敏、准确、专属性强,采用质量检测器可有效避免龙胆药材中复杂成分紫外吸收的相互干扰效应,并且检测灵敏度较之其他分析方法高,可用于复杂样品中该 3 种环烯醚萜化合物的含量测定。

## 2.4 气相色谱法(GC)

气相色谱法由于其具有分离效能高、分析速度快、选择性好等优点而被广泛应用<sup>[31]</sup>。龙玲<sup>[32]</sup>等利用气相色谱仪鉴定出杉木、杨木、马尾松和尾叶桉中具有挥发性的萜烯,包括 α-蒎烯,蒎烯,β-蒎烯,D-柠檬烯和 β-水芹烯等五种单萜烯,并分析其含量。GC 测试条件的色谱柱为 SE-30 弹性石英毛细色谱柱,0.25 mm × 50 m;柱温程序升温,起始温度 70 °C,保持 4 min,升温速率 4 °C/min,终止温度 230 °C;检测器为氢火焰离子检测器(Flame ionization detector, FID),温度 250 °C;分流比 50;流速 0.8

mL/min;进样量 0.7  $\mu$ L。结果表明 4 种木材释放的萜烯类挥发物不完全相同。杉木和马尾松释放萜烯类的量明显高于杨木和尾叶桉,而杉木又明显高于马尾松,说明针叶树材萜烯类物质含量远高于阔叶树材。杉木释放的萜烯类物质中,D-柠檬烯较多。

## 2.5 气质联用色谱法(GC-MS)

GC-MS 技术能够展示质谱和色谱的优点,利用气相色谱分离混合物中的组分,使用质谱仪的高鉴别能力对于色谱流出物进行检测,从而完成对分离提取组分进行迅速的定量和定性分析<sup>[1]</sup>。植物挥发油中含有大量萜烯类化合物及其衍生物,GC-MS 对于挥发油中萜类物质的定量分析应用广泛<sup>[7,10-16,20,21,33-36]</sup>。孙晓萍<sup>[33]</sup>等采用普通水蒸气蒸馏方法从四川产地的花椒中提取挥发性成分,测得花椒挥发油的含量为 8.33%。经气相色谱/质谱联用仪分离并鉴定出 47 种化合物,其中主要为挥发性萜烯类化合物及其衍生物等,占总检出量的 89.31%。实验中,色谱条件为 HP-5 弹性石英毛细管柱 30 m $\times$ 0.25 $\times$ 0.33  $\mu$ m;程序升温 60~200  $^{\circ}$ C (5  $^{\circ}$ C/min,保持 20 min);进样口温度 230  $^{\circ}$ C;溶剂延迟:4 min;分流比 40:1;载气 He 气;载气流量 1 mL/min;进样量 0.2  $\mu$ L。而质谱条件:离子源为 EI 源;离子源温度 230  $^{\circ}$ C;四级杆温度 150  $^{\circ}$ C;电子能量:70 V;发射电流 34.6  $\mu$ A;倍增器电压 1200 v;扫描范围 20~500 amu。郝德君<sup>[34]</sup>等利用气相色谱/质谱分析 3 种柏树叶挥发油,鉴定了 64 种化学成分,其主要成分为萜烯类,其他成分为烷烃类、醇类、酚类和酯类等。其中圆柏树叶中分离鉴定出 33 种挥发性成分,主要萜类为桉烯(20.99%)和柠檬烯(19.78%);中山柏树叶中分离鉴定出 37 种挥发性成分,主要为  $\alpha$ -蒎烯(10.39%)、桉烯(11.19%)和  $\delta$ -3-蒎烯(8.88%);龙柏树叶中分离鉴定出 37 种挥发性成分,主要为柠檬烯(24.56%)和  $\beta$ -月桂烯(8.04%)。

## 3 小结

综上对植物中萜烯成分的提取与分析技术分别进行归纳与比较,更详述了溶剂提取法和气质联用色谱法。前者是国内外提取萜类常用方法,其操作简单,适合植物的提取;水蒸气蒸馏法也同样十分常用,因为其经济实惠,提取率高。但在实践实验中,应根据提取物的实际性质和应用目的,采用不同的提取方法,或实验探究其最佳适用方法。而气质联用色谱法在分析鉴定具有挥发性的单萜和倍半萜中

应用十分广泛。

## 参考文献

- 1 Cao XY(曹晓玉), *et al.* Advance in terpene species tobacco and its analysis methods. *Crop Res* (作物研究), 2013, 3: 296-301.
- 2 Wu LJ(吴立军). Natural Pharmaceutical Chemistry (天然药物化学). Beijing: People's Medical Publishing House, 1988: 230-255.
- 3 Jin QY(金琪漾), *et al.* Fujian terpene anticancer plants. *Fujian Journal of Traditional Chinese Medicine* (福建中医药), 1981, 2: 46-49.
- 4 Liu R(刘锐), *et al.* Study on antimicrobial activities of different solvent extracts from *Herba Menthae*. *J Anhui Agric Sci* (安徽农业科学), 2011, 6: 3291-3293.
- 5 Zhao ZF(赵志峰), *et al.* Experiment study on the extraction of xanthoxylin in different solvent. *China Food Addit* (中国食品添加剂), 2004, 4: 18-21.
- 6 Liu CL(刘春兰), *et al.* Analyse on extracting coix oil of coix lachrymal-jobi by different solvents. *Oils Foods* (粮油食品科技), 2008, 4: 32-33.
- 7 Wen FJ(文福姬), *et al.* Study on the extraction of essential oil from the pine leaves. *Chem Eng* (化学工程师), 2005, 12: 5-7.
- 8 Zheng XQ(郑晓晴), *et al.* Study on extracting technology of total triterpenes from *Plantago depressa* Willd. *Pharmacy Today* (今日药学), 2014, 12: 879-881.
- 9 Shen T(沈彤). Natural Pharmaceutical Chemistry (天然药物化学). Lanzhou: Gansu Science and Technology Publishing House, 2010. 91.
- 10 Li JL(黎继烈), *et al.* Extraction and analysis of essential oil from *Valeriana amurensis*. *J Chin Cereals Oils Assoc* (中国粮油学报), 2010, 9: 52-56.
- 11 Ma CH(马承慧), *et al.* Research on technology of ultrasonic assisted extraction of *Ledum palustre* essential oils and components analysis. *Forestry Sci Technol* (林业科技), 2014, 04: 26-28.
- 12 Li XL(李秀玲), *et al.* Comparison of terpenoids from micro-extraction of pest injured cone of Chinese pine. *J Northwest Forest Univ* (西北林学院学报), 2010, 04: 161-164.
- 13 Zhou X(周欣), *et al.* Study on the chemical constituents of the volatile oil from *Lysimachia trientaloides* Hemsl. *Chin J Chromatogr* (色谱), 2002, 03: 286-288.
- 14 Cai L(蔡玲), *et al.* Extraction and GC/MS analysis of volatile oil from *Polygonum orientale* L. *J Chin Mass Spectrometr Soc* (质谱学报), 2008, 3: 157-161.
- 15 Luo HL(骆海林), *et al.* Analysis of ginger essential oil constituents by simultaneous distillation and solvent extraction

- combined with GC-MS. *China Condiment* (中国调味品), 2010, 10: 104-106.
- 16 Yang Y(杨颖), *et al.* Effects of molecular distillation refining on physical and chemical characteristics and aroma-giving capability of grapefruit essential oil. *J Chin Instit Food Sci Technol* (中国食品学报), 2013, 3: 208-213.
- 17 Ding YG(丁一刚), *et al.* The technology and application of supercritical fluid. *Pharm Eng Design* (医药工程设计), 2002, 23(4): 3-6.
- 18 Hao CM(郝常明), *et al.* The introduction of supercritical fluid extraction technology and its application. *Pharm Eng Design* (医药工程设计), 2003, 24(2): 1-4.
- 19 Liao JS(廖劲松), *et al.* Study on application technology of supercritical fluid extraction. *Food Sci Technol* (食品科技), 2002, 12-15.
- 20 Wu XY(武晓颖), *et al.* Chemical analysis and electroantennogram responses in *Semanotus bifasciatus* adultsto *Platycladus orientalis* volatiles extracted by SFE. *Chin Bull Entomol* (昆虫知识), 2007, 5: 671-675.
- 21 Wang DQ(王丹清), *et al.* Separation of terpenes and oxygenated compounds from citrus oil by supercritical CO<sub>2</sub> extraction. *Chemical Eng* (化学工程), 2010, 05: 9-12.
- 22 Gu Y(顾英), *et al.* The application on new technology of thin layer chromatographic in traditional Chinese medicine drugs analysis. *Lishizhen Med Mater Med Res* (时珍国医国药), 2006, 12: 2589-2590.
- 23 Lv WQ(吕武清), *et al.* Medicinal materials of proprietary Chinese medicine in the thin layer chromatography (中成药中的药材薄层色谱鉴). Beijing: People's Medical Publishing House, 1997. 2.
- 24 Lin ZK(林正奎), *et al.* Studies on the essential oils in the leaves of *Cinnamomun Pauciflorum* nees. *J Integrative Plant Biol*, 1980, 03: 252-256.
- 25 Wang H(王慧), *et al.* Isolation and identification of sesquiterpenes from the volatile oil in the stems and leaves of *Panax Ginseng* C. A. Mey. *Acta Sci Nat Univ Jilinensis* (吉林大学自然科学学报), 2001, 01: 88-90.
- 26 Jiang YX(姜永幸), *et al.* Quantitative and qualitative analyses of terpenoid in cotton. *Acta Gossypii Sin* (棉花学报), 1997, 2: 13-18.
- 27 Chen J(陈靖), *et al.* Determination of artemisinin and its related sesquiterpenoids in leaves of *Artemisia annua* at full flowering by HPLC-UV-ELSD. *J Shenyang Pharm Univ* (沈阳药科大学学报), 2008, 11: 897-900.
- 28 Sun N(孙娜). New technique of chromatography and their application in the Environmental Analysis. *Fujian Anal Testing* (福建分析测试), 2012, 03: 18-21.
- 29 Ding XX(丁晓晓), *et al.* Application of chemometrics to the analysis of high performance liquid chromatographic fingerprints of *C. longa* samples obtained from different origins. *J Anal Sci* (分析科学学报), 2014, 04: 445-450.
- 30 Xu B(徐斌), *et al.* Determination of three iridoids in decoction of *Gentianae scabra* Bge by LC/MS/MS. *Pharm J Chin PLA* (解放军药科学学报), 2008, 02: 177-180.
- 31 Zhou N(周南). Recent progress in gas chromatography analysis. *Shanghai Chem Ind* (上海化工), 2000, 20.
- 32 Long L(龙玲), *et al.* Aldehyde and terpene emissions from four species of wood at normal temperature. *China Wood Ind* (木材工业), 2007, 03: 14-17.
- 33 Sun XP(孙晓萍), *et al.* Analysis of terpene constituents in *Zanthoxylum*. *China Condiment* (中国调味品), 2007, 05: 61-63.
- 34 Hao DJ(郝德君), *et al.* Analysis of Volatile Constituents in Leaves of Three Cypress Species by Gas Chromatography/Mass Spectrometry. *Chin J Chromatogr* (色谱), 2006, 02: 185-187.
- 35 Feng LG(冯立国), *et al.* Changes of the Aroma Constituents and Contents in the Course of *Rosa rugosa* Thunb. Flower Development. *Scientia Agric Sin* (中国农业科学), 2008, 12: 4341-4351.
- 36 Liu MC(刘明春), *et al.* Analysis of Volatile Components in Essential oil of *Michelia Figo* Spreng. *Fine Chem* (精细化工), 2009, 01: 38-41.
- 37 Hou CX(侯彩霞), *et al.* Research progress of extraction and separation of essential oils using supercritical fluids. *Chem Ind Eng Progr* (化工进展), 2007, 01: 42-46.

(上接第 175 页)

- 56 Lu HY, *et al.* Rapid discrimination and quantification of alkaloids in *Corydalis* Tuber by near-infrared spectroscopy. *J Pharm Biomed Anal*, 2012, 59: 44-49.
- 57 Yan S(阎姝), *et al.* Qualitative and quantitative analysis of Shuanghuanglian Fenzhenji by FTIR. *Spectrosc Spect Anal* (光谱学与光谱分析), 2009, 29: 1558-1561.
- 58 Sun JB(孙晶波), *et al.* Rapid quantitative analysis of the content of Baicalin in *Yinzhihuang* Injection by Near Infrared Transmission Spectroscopy. *Chin Med J Res Prac* (现代中药研究与实践), 2015, 29(2): 50-53.
- 59 Du WF(杜伟锋), *et al.* Rapid determination method of the contents of arctiin and arctigenin in *Fructus Arctii* by mid-infrared spectrometry. *China J Chin Mater Med* (中国中药杂志), 2013, 20: 2431-2434.