

三七——

# 现代科学 研究及应用

魏均娴 杜元冲 编 著

云南科技出版社

# 三七——现代科学研究及应用

魏均娴 杜元冲 编著

云南科技出版社

本书受云南省学术著作出版基金管理委员会筹备组资助

责任编辑：王建明 夏吉文

封面设计：杨 峻

### 三七——现代科学研究及应用

魏均娴 杜元冲 编著

---

云南科技出版社出版 (昆明市书林街100号)  
滇黔桂石油勘探局昆明印刷厂印装

---

开本：787×1092 1/32 印张：14.25 字数：329千  
1996年12月第1版 1996年12月第1次印刷  
印数：1—1500

---

ISBN 7-5416-0540-9/R·97 定价：19.50元

## 序 言

《三七——现代科学研究及应用》一书由昆明医学院魏均炯、杜元冲教授所编著，是当前我国中药研究的一本专著。

三七在我国民间应用甚早，为止血及伤科要药，正式记载则始于《本草纲目》。

我国云南省为三七主要产区，发掘和应用也比较早和广泛。

三七在 30 年代即有学者着手研究，然而进展迟缓，直到 70 年代，随着现代科学技术和仪器的高度发展，三七现代科学研究才进入了一个新的领域，云南诸多学者研究三七的面比较广泛。

魏、杜二氏，在三七的化学成分、药理以及临床诸方面从事了较长期的、全面的、深入的研究工作，发现现有得到的 24 个皂甙成分，全属达玛烷型，同时还研究了三七所含的挥发油、甾醇、三萜、黄酮类、氨基酸、微量元素以及油脂等。

魏、杜二氏根据他们的研究结果，还提出他们的新的见解，即一般认为皂甙即三七的主要成分。实际上，皂甙只是主要成分的一类，其它如三七中的多糖具有较好的免疫活性；氨基酸中的三七素 ( $\beta$ -N-oxala-L- $\alpha$ - $\beta$ -diamino propionic acid) 具止血和增加血小板数；黄酮类对心脑血管有良好作用；挥发油具有清热消炎和甾醇有降脂以及微量元素对身体健康起多种保护的功効。新观点值得赞同，它摆脱了长期局限中药只是某一类成分起全药作用的认识。

在三七的药理和临床研究方面，魏、杜二氏还收集了大量

的研究资料，按不同功效，分为 10 多个专题说明，为进一步研究和开发三七提供了依据，这是难得可贵的，也展示了三七的研究正方兴未艾。

本书集魏、杜两教授 10 余年苦心研究三七的总结，并参阅 500 多篇有关三七研究论文而编著，是系统地全面地阐述三七生物活性物质的一本专著，不仅对进一步开展三七研究、应用有重要指导意义，而且也可以是研究中药的一种模式，这标志着天然药物的研究与发展的又一里程碑。

肖倬殷

于华西医药学院

1993 年 10 月

# 目 录

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| <b>第一章 三七化学成分的研究</b>     | (1)   |
| 一、三七中微量元素的研究             | (2)   |
| 二、三七中挥发性成分的研究            | (6)   |
| 三、三七中油脂成分的研究             | (27)  |
| 四、三七中黄酮类化合物的研究           | (31)  |
| 五、三七中的氨基酸成分研究            | (34)  |
| 六、三七多糖的 chemistry 研究     | (39)  |
| 七、三七皂甙成分的 chemistry 研究   | (42)  |
| 八、三七有效成分分析方法研究           | (106) |
| 九、综合利用三七各类成分的分离方法        | (118) |
| <b>第二章 人参属药用植物中皂甙的研究</b> | (120) |
| <b>第三章 三七药理作用的研究</b>     | (152) |
| 一、对心血管系统的作用              | (152) |
| 二、三七对脑血管系统的影响            | (218) |
| 三、三七对神经系统的作用             | (235) |
| 四、三七对免疫功能的影响             | (248) |
| 五、三七的抗炎作用                | (265) |
| 六、三七对物质代谢的影响             | (283) |
| 七、对实验性肝损伤的影响             | (342) |
| 八、对血液及造血系统的影响            | (358) |
| 九、止血作用及抗凝血作用             | (367) |
| 十、对血液流变学的影响              | (377) |

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| 十一、抗休克作用·····             | (387) |
| 十二、对平滑肌的影响·····           | (395) |
| 十三、其他·····                | (404) |
| 十四、药代动力学研究·····           | (404) |
| 十五、毒性研究·····              | (414) |
| <b>第四章 临床研究及应用</b> ·····  | (426) |
| 一、治疗冠心病心绞痛·····           | (426) |
| 二、三七总皂甙注射液(血塞通、血栓通)       |       |
| 治疗脑血管疾病·····              | (427) |
| 三、治眼疾患·····               | (428) |
| 四、三七叶皂甙治疗神经衰弱及偏头痛·····    | (431) |
| 五、高原反应的防治·····            | (432) |
| 六、治疗高脂血症·····             | (434) |
| 七、对肝脏的保护作用及肝炎治疗作用·····    | (435) |
| 八、运动医学上的应用·····           | (436) |
| 九、治疗贫血·····               | (437) |
| 十、止血作用·····               | (438) |
| 十一、癌症治疗·····              | (439) |
| 十二、治疗肾病·····              | (440) |
| 十三、疗伤作用·····              | (441) |
| 十四、降压作用·····              | (441) |
| 十五、治疗美尼尔氏病·····           | (442) |
| 十六、治疗面肌抽搐症·····           | (442) |
| 十七、消除寻常疣及防治手术后粘连及瘢痕等····· | (443) |
| <b>后记</b> ·····           | (445) |

# 第一章 三七化学成分的研究

三七化学成分比较复杂,从30年代开始,即有学者进行研究,但进展不快,直到70年代以后,随着现代分离测试仪器的的发展及分离测试手段的广泛应用,以及随着人参化学成分的研究进展,对其主要成分皂甙的研究,才取得比较明显的进展。一般均认为皂甙是三七活性生理成分,但深入研究后,作者认为这种观点不够全面,皂甙只是三七中主要有效成分的一类,其它,如多糖具较好免疫活性;氨基酸中三七素为止血有效成分;黄酮类化合物对心脑血管具良好作用;挥发油有芳香清热消炎作用;甾醇类化合物有降血脂作用;种仁油脂可供食用;微量元素对身体健康有多种保护作用,现将已研究过的各类成分,分述如下,以便开发利用三七时有综合性的较全面的认识。

- 一、三七中微量元素研究;
- 二、三七中挥发性成分研究;
- 三、三七中油脂成分研究;
- 四、三七中黄酮类化合物研究;
- 五、三七中氨基酸成分研究;
- 六、三七多糖的化学研究;
- 七、三七皂甙成分的化学研究;
- 八、三七有效成分分析方法的研究;
- 九、综合利用三七各类成分的分离方法。

## 一、三七中微量元素的研究

生活中无机元素对人体有重要生理作用。随着分子生物学, 临床化学的发展, 微量元素在人体内的作用, 越来越受到医药界的重视, 故越来越多的文献谈到中草药中无机成分的作用。人体内必需的微量元素有 Fe、Zn、Cu、Mn、Cr、Mo、Co、Se、Ni、V、Sn、F、I、Sr 等<sup>[1]</sup>。有的对人体有毒性, 如 As、Pb、Ba、Hg 等。

微量元素对身体作用, 概括起来有以下一些:<sup>[1]</sup>

(1) 生长发育: Fe, Cu, Zn, Mn, Co 形成酶及 I 形成的甲状腺素, 均有促进生长发育作用, 缺乏一种可引起生长发育停止。如缺 Fe 贫血, 缺 Zn 影响核酸及蛋白质的合成, 可影响到生长发育停滞。缺 Cu 引起早产或体重下降。缺 I 引起甲状腺功能低下, 妨碍身体生长发育。

(2) 神经系统的结构和功能: 微量元素代谢不平衡对中枢神经系统, 以至最高级部位, 能产生种种不利影响和病变。缺乏 Zn, Cu, Li 及 Co 会影响智力发展; 缺 I 出现聋哑、痴呆、迟钝等, 缺铁引起行为改变。Pb, Cd, Mn 含量过多也干扰智力发展, 铅过多引起智力减退及痴呆。

(3) 内分泌: 微量元素能影响内分泌的功能, 靶组织的活性及激素的生物学利用。非必需和有毒的微量元素 (Pb, Cd, Hg) 过多时会严重干扰内分泌功能。如 Pb 过多, 损伤甲状腺功能, 降低垂体激素的分泌及肾上腺皮质的机能, 还可损伤生殖细胞及性功能。必需微量元素过多也会引起内分泌失常, 如 Mo 过多引起动物睾丸高度萎缩及性欲减退; Ni 过多使催乳激素分泌减少, 还能影响垂体其它激素的释放及生理机能; 铁过多对

胰腺不利，色素代谢紊乱，生殖器官发育不良，性机能紊乱。必需的微量元素过少，也会引起内分泌失常，如缺 Zn 影响垂体分泌促性腺激素，性功能不全，不孕及性欲减退；缺 Cu 使动物不孕，影响肾上腺皮质类固醇及孕酮合成，降低多巴胺  $\beta$ -羟化酶活性，使多巴胺合成障碍；缺 Mn 影响性功能，胰腺发育不全。这说明必需正常含量的微量元素，对维持下丘脑、脑干—垂体—靶组织的生理功能是十分重要的。

(4) 与感染及免疫的作用：微量元素是人体及其它微生物必需的营养要素。机体含 Fe, Cu, Zn 总量减少，均可减弱免疫机制，降低抵抗力，助长细菌感染，感染后死亡率较高。钛能激活吞噬细胞的功能，增加免疫作用；铂、铈、铟等的化合物也有一定抗感染的效能。

(5) 致畸形：很多微量元素，在缺乏或过多时，均能影响胚胎及胎儿的正常分化和发育，导致先天性畸形。缺乏 Zn、Cu、Fe、I 及 Mn 均引起畸形。

(6) 对肿瘤的作用：人体内微量元素含量过多或过少均可影响肿瘤发病率。另外这些元素的氧化态变化及存在形式不同，同样能影响肿瘤的产生及恶化程度。如 Ni 及 As 是致癌性强的元素，铁矿工人发病率高。缺 Zn 及 Mo 诱发癌肿，缺碘可致甲状腺肿，并常伴有癌恶化倾向。三价 Cr 是人体必需的营养品，而六价铬则是强烈致癌肿的诱发因子。Se 和 Mn 抑制癌的发生和发展。

(7) 心血管疾病：Cr、Se、Zn、Mn、F、V、Cu 及  $\text{Ca}^{++}$ 、Mg 对心血管的构造和功能有益，与心血管疾病的发病及死亡率呈负相关。Zn/Cd 比值增加可抑制高血压的发生，但 Zn/Cd 比值太大又会干扰胆固醇的正常代谢而发生冠心病。缺铜可引起心血管畸形及缺血性心肌病变。铬、锰和硒能防治动物或人

类的动脉粥样硬化。此外，锂、锶、硅也可降低心血管疾病死亡率。

(8) 创伤愈合：铁、铜、锌等对核酸及蛋白质的合成，免疫过程，细胞的呼吸，分裂和繁殖及新陈代谢等都有直接作用；硒、锰、铬、碘等对代谢过程也有直接影响，均能或多或少地影响创伤愈合。锌对创伤愈合有突出作用，加速创伤、烧伤、手术刀口、下肢溃疡、胃溃疡、皮肤炎症、瘰管等愈合。缺锌者愈合不良或延缓。

从上述微量元素与人体健康的作用，特别是中药中所含微量元素及其对人体作用，引起重视，故一些学者对三七中微量元素进行含量测定。

最先是于辉扬等<sup>[6]</sup>对广西田七中铁和钙进行测定，结果如表 1-1：

表 1-1

|     | 60 头   | 120 头  | 200 头  | 无数头    | 田七发    |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|
| Fe% | 0.0142 | 0.0360 | 0.0356 | 0.1000 | 0.1580 |
| Ca% | 0.1312 | 0.0940 | 0.1104 | 0.1104 | 0.4510 |

王兴文、王世民、李向高等<sup>[2-5]</sup>用中子活化法 (INAA)、电感耦合等离子体直接发射光谱法 (ICP/AES)，原子吸收分光光度法 (AAS)，示波极谱仪 (JP-IA) 测定三七中微量元素，酸度计 (PSH-2) 测定氟，可见—紫外—红外分光光度计测定硅。其结果如表 1-2：

## 参 考 文 献

- [1] 孔祥瑞编：必需微量元素的营养、生理及临床意义，安徽科学技术出版社，1982。

表 1-2

三七中各种元素测定表

| 参考文献                             | Fe   | Zn   | Cu   | Mn   | Cr   | Mo   | Co    | Ni   | V    | Sn   | F   | Sr   |
|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|-----|------|
| [2] $\mu\text{g/Gm}$             | 54.9 | 19.0 | 3.04 | 10.0 | 1.55 | 1.56 | 0.44  | 1.92 | 0.43 |      |     | 3.85 |
| [3] p. p. m                      | 20.9 | 1.3  | 6.3  | 8.25 |      | 1.18 | <0.5  | 1.72 | 1.8  | 0.00 | 2.3 |      |
| [4] [5] $\mu\text{g/Gm}$<br>云南砚山 |      | 6.8  | 痕迹   | 5.9  | 痕迹   |      | 0.026 |      | 痕迹   |      | 89  | 痕迹   |
| [4] [5]<br>广西 $\mu\text{g/Gm}$   |      | 9.0  | 4.0  | 2.5  | 痕迹   |      | 0.011 |      | 痕迹   |      | 47  | 痕迹   |

| 参考文献            | Rb  | As   | Si                      | Al  | Ba   | Ti  | Sb | Cd   | Pb   | Na  | K     | Mg   | Ca   | Sc    | La    | Cl  |
|-----------------|-----|------|-------------------------|-----|------|-----|----|------|------|-----|-------|------|------|-------|-------|-----|
| [2]             |     | 0.7  |                         |     | 4.10 | 1.9 | 未测 | 0.49 | 0.40 |     |       |      |      |       |       |     |
| [3]             |     | 0.00 | $\text{SiO}_2$<br>0.18% |     |      |     |    |      |      |     |       |      |      |       |       |     |
| [4] [5]<br>云南砚山 | 4.7 | 3.8  |                         | 770 | 12.6 |     | .  |      |      | 2.8 | 7400  | 1600 | 1600 | 0.022 | 0.15  | 430 |
| [4] [5]<br>广西   | 14  | —    |                         | 220 | 5.6  |     |    |      |      | 32  | 11300 | 1300 | 2000 | 0.066 | 0.035 | 190 |

- [2] 王兴文等：云南中医学院学报，1989，12（2），6。
- [3] 王世民等：山西中医，1989，5（2），42。
- [4] 李向高等：中草药，1986，17（10），10。
- [5] 李向高等：中药材，1986，1，33。
- [6] 于辉扬等：广西田七有效成分研究，广西医学院化学教研室，1979。

## 二、三七中挥发性成分的研究

人参挥发性成分，在医药、食品、饮料、化妆品和高档人参加工方面有独特用途，具强烈人参香气。医药上一般挥发油有微弱消毒及杀菌作用，局部有刺激作用，可松弛肌肉或可能微有兴奋作用。内服作祛风剂，促进肠蠕动，逼出大肠充气，促进泻药的泻下作用；亦可作祛痰、发汗、镇咳或利尿药物应用。<sup>[1]</sup> 人参挥发油尚有特殊生理活性，如对大脑延髓有抑制作用，镇静安神， $\beta$ -榄香烯有抗癌作用。<sup>[5]</sup> 三七与人参为人参属亲缘植物，亦含挥发性成分，故研究其具生理活性的挥发油成分亦属必要。

1. 关于三七根中挥发油成分研究，鲁岐等<sup>[2]</sup>对云南砚山统卡三七栽培场的三七根粉的乙醚提取物，经水蒸汽蒸馏后，以乙醚提取，回收乙醚得特有香气的黄色油状物，用气相色谱—质谱—计算机联用仪分析、鉴定 34 种化合物并测定其各成分相对含量。从 SE-30 柱分离出 52 种成分中鉴定出 25 种化合物，PEG-20M 柱分离出的 20 种成分中鉴定出 17 种化合物，共鉴定出 34 种化合物，包括有倍半萜，脂肪酸，酯类，苯衍生物，萜衍生物，烷烃，环烷烃，烯烃，酮等。倍半萜类成分 7 种，其中有 3 种化合物已从人参挥发油中分离出并鉴定， $\gamma$ -依兰油烯、莎草烯， $\gamma$ -杜松烯和  $\delta$  杜松烯 4 种化合物尚未见人参挥发油中

报道,  $\gamma$ -依兰油烯相对含量最高, 为 6.67%, 莎草烯为 3.03%。鲁岐等<sup>[3]</sup>又将云南砚山铕卡栽培的三七根粉, 以乙醚冷浸, 用 2.5mol/L 盐酸, 5%NaHCO<sub>3</sub>, 5%NaOH, 20%NaHSO<sub>3</sub> 溶液洗涤, 醚浓缩得中性成分, 采用色谱—质谱—计算机联用仪, 分离出 80 个色谱峰, 从中鉴定 41 种化合物, 并测定其相对含量, 其中有倍半萜烯 16 种, 还有酯, 脂肪酸, 酮及烷烃等, 从中鉴定出具抗癌活性的  $\beta$ -榄香烯和人参挥发油中尚未发现的  $\delta$ -珙珙烯,  $\beta$ -草澄茄烯,  $\gamma$ -依兰油烯, 别芳萜烯, 子丁香烯,  $\delta$ -愈创烯,  $\gamma$ -杜松烯,  $\alpha$ -雪松烯, 1:99 三甲基-4,7-二亚甲基-2,3,5,6,7,8-六氢萘, 1,1,5,5-四甲基-4-亚甲基 2,3,4,6,7,10-六氢萘和花侧柏烯等倍半萜烯成分, 本实验之设计在于以乙醚冷浸提取挥发油为避免加热挥发油成分改变, 提取中性部分是基于药理活性强的倍半萜集中在中性部分。施丽娜等<sup>[4]</sup>从市售三七水蒸汽蒸馏中所得的蒸馏液, 以氯化钠饱和后, 乙醚提取的挥发油, 采用气相色谱—质谱—计算机联用, 以 SE-54 0.25mm $\times$ 30M 色谱柱分离出 90 个色谱峰, 作出 56 张质谱图, 从中鉴定 34 种成分, 包括醛、酮、酸、酯、酚、烷烃、倍半萜等, 主成分为倍半萜类化合物, 共鉴定了 13 个倍半萜烯和几种倍半萜醇及 2,8-二甲基-5-乙酰基-双环[5,3,0]癸二烯 1,8。未发现鲁岐等分得的  $\alpha$ -榄香烯,  $\alpha$ -古芸烯,  $\gamma$ -榄香烯, 丁香烯, 莎草烯,  $\beta$ -榄香烯等成分, 而发现了  $\alpha$ -草澄茄烯,  $\beta$ -波旁烯,  $\beta$ -古芸烯, 芳萜烯, 别芳萜烯以及  $\delta$ -杜松醇和新鉴定成分羟基二氢波旁烯, 后者可能是一个新化合物。2,8-二甲基-5-乙酰基-双环[5,3,0]癸二烯-1,8, 在鲁岐等样品中含量为 1.2%, 而施丽娜等样品中含量高达 38.5%。以上实验结果说明不同提取方法, 不同的色层分离柱, 不同产地的三七所得实验结果不一致。现将不同文献<sup>[2-4]</sup>中分析三七挥发油成分列表 (表 1—3) 进行

对比并与人参挥发油成分<sup>[7][8]</sup>对比,以便提供对三七挥发油的应用依据。

2. 三七花作药用,泡水喝,性甘凉,具清热,平肝及降压作用,可治疗高血压,头昏,目眩及耳鸣。三七花中仍含挥发油,帅绯等<sup>[5]</sup>对比研究云南文山州铕卡栽培场的三七花蕾及广西三七花蕾中挥发油成分。将花蕾的乙醚提出物,行水蒸汽蒸馏,蒸馏液以乙醚萃取,无水硫酸钠脱水后回收乙醚,得黄色油。云南三七得率为 0.0714%,广西三七得率为 0.0732%。气相色谱—质谱—计算机联用,分离鉴定了 24 种不同成分,分属于倍半萜烯类,酯类及烷烃类。倍半萜烯类中以  $\alpha$ -檀香烯含量最高,云南三七花中含量高达 50.57%,比较广西三七花及云南三七花中此三类成分相对含量结果如表 1—4。

魏均嫻等<sup>[6]</sup>将云南文山州铕卡三七栽培场的三七花,磨粉,行水蒸汽蒸馏,馏液以乙醚提取,合并醚液,无水硫酸钠干燥,回收乙醚,得淡黄色挥发油,得率 0.108%。气相色谱分离出 106 个峰,测出 59 峰质谱,最后鉴定 36 种化合物,分属烃,倍半萜类,醇,醛,酮,酸,酯等,其中单萜 3 种,倍半萜类 15 种。首次鉴定文献未报道过的单萜化合物樟脑,龙脑和莰,倍半萜类化合物有  $\alpha$ -草澄茄烯,  $\alpha$ -蒎烯,  $\beta$ -波旁烯,  $\beta$ -丁香烯,  $\beta$ -草澄茄烯,  $\alpha$ -愈创烯, 别芳萜烯,  $\gamma$ -依兰油烯,  $\beta$ -愈创烯,  $\delta$ -愈创烯,  $\gamma$ -杜松烯,  $\delta$ -杜松烯,  $\delta$ -杜松醇以及主成分 2,8-二甲基-5-乙酸基-双环〔5,3,0〕癸二烯-1,8,含量高达 26.19%。文献<sup>[5]</sup>中报道主成分  $\alpha$ -檀香醇及  $\alpha$ -金合欢烯,  $\gamma$ -榄香烯,  $\beta$ -广藿香烯等未在文献<sup>[6]</sup>中发现,所以研究结果相差甚大,可能是产地不同,提取方法不同等有所影响成分不同,列表(表 1—5)如下,并和人参花挥发油成分对比。

表 1-3

三七根及人参根挥发油成分

| 化 合 物 名 称                 | 分子式            | 分子<br>量 | 三 七 %                        |       |       |       | 人 参 % |  |
|---------------------------|----------------|---------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|--|
|                           |                |         | 文献[2]                        | 文献[3] | 文献[4] | 文献[7] | 文献[8] |  |
| 1. 醋酸 acetic acid         | $C_2H_4O_2$    | 60      | SE30<br>PEG<br>-20M<br>-50 柱 |       |       |       |       |  |
| 2. 苯酚 phenol              | $C_6H_6O$      | 94      | 2.25                         |       | 0.20  |       |       |  |
| 3. 3-己烯醇 Hexen-3-01       | $C_6H_{12}O$   | 100     |                              |       | 0.11  |       |       |  |
| 4. 戊酸 Pentanoic acid      | $C_5H_{10}O_2$ | 102     |                              |       | 0.16  |       |       |  |
| 5. 2-甲酚 2-methyl-phenol   | $C_7H_8O$      | 108     |                              |       | 0.09  |       |       |  |
| 6. 3-甲酚 3-methyl phenol   | $C_7H_8O$      | 108     |                              |       | 0.20  |       |       |  |
| 7. 庚醛 heptanal            | $C_7H_{14}O$   | 114     |                              |       | 0.66  |       |       |  |
| 8. 异丙基苯 isovalyl-benzene  | $C_9H_{10}$    | 118     | 0.21                         | 0.94  | 8.27  |       |       |  |
| 9. 苯乙酮 phenyl-ethanone    | $C_8H_8O$      | 120     | 1.10                         | 13.97 | 0.10  |       |       |  |
| 10. 乙基苯酚 + 4-ethyl phenol | $C_8H_{10}O$   | 122     |                              |       | 0.26  |       |       |  |
| 11. 3-乙基苯酚 3-ethyl phenol | $C_8H_{10}O$   | 122     |                              |       | 0.10  |       |       |  |

续表 1-3

| 化 合 物 名 称                                                    | 分子式            | 分子<br>量 | 三 七 % |       |       | 人 参 % |       |
|--------------------------------------------------------------|----------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                                              |                |         | 文献[2] | 文献[3] | 文献[4] | 文献[7] | 文献[8] |
| 12. 3, 4, 5-三甲基-2-环戊烯酮<br>3, 4, 5-trimethyl-2-cyclopentenone | $C_8H_{12}O$   | 124     |       |       | 0.40  |       |       |
| 13. 辛醛 Octanal                                               | $C_8H_{16}O$   | 128     |       |       | 0.59  |       |       |
| 14. 庚酸 heptanoic acid                                        | $C_7H_{14}O_2$ | 130     | 4.03  |       |       |       |       |
| 15. 四甲基吡嗪<br>tetramethylpyrazine                             | $C_8H_{12}N_2$ | 136     |       |       | 0.40  |       |       |
| 16. $\alpha$ -二甲基-苯甲醇<br>$\alpha$ -dimethyl benzenemethanol  | $C_9H_{12}O$   | 136     | 2.04  |       |       |       |       |
| 17. 1-甲乙醚基苯<br>1-methylethyl-benzene                         | $C_9H_{12}O$   | 136     |       | 2.93  |       |       |       |
| 18. 2-酮基-壬烯-3<br>2-one-nonene-3                              | $C_9H_{16}O$   | 140     | 0.10  |       | 0.19  |       |       |
| 19. 1-甲基-4-异丙基环己烷<br>1-methyl-4-isoallyl-cyclohexane         | $C_{10}H_{20}$ | 140     |       | 1.70  |       |       |       |
| 20. 2-壬烯醛 2-nonenal                                          | $C_9H_{16}O$   | 140     |       |       |       |       |       |
| 21. 辛酸 caprylic acid                                         | $C_8H_{16}O_2$ | 144     | 0.31  | 2.04  | 0.22  | 0.11  |       |
|                                                              |                |         |       |       |       |       | 0.45  |