

# GC-MS 分析柠檬不同品种果皮精油成分

朱春华, 李进学, 高俊燕, 周东果, 龚琪, 岳建强

(云南省农业科学院热带亚热带经济作物研究所, 云南瑞丽 678600)

**摘要:** 以云南德宏地区栽培的不同柠檬品种为试材, 利用气质联用技术(GC-MS)分析果皮精油挥发性成分种类及相对含量, 比较不同品种挥发性成分差异。结果表明, 费米耐劳、云柠1号、艾伦尤力克柠檬果皮精油中分别检测到23、20、27种挥发性成分, 烯炔类、醇类、醛类、酯类和酮类是3个品种共有组分。烯炔类物质是主要组分, 其中特征香气成分D-柠檬烯含量最高,  $\beta$ -蒎烯、 $\gamma$ -蒎烯品烯次之。艾伦尤力克柠檬中挥发性物质的种类和含量均高于费米耐劳和云柠1号柠檬, 主要特征香气成分含量也最高。

**关键词:** 柠檬; 果皮精油; 特征香气成分

文章编号: 1673-9078(2012)9-1223-1227

## Analysis of Volatile Components of the Peel of Different Lemon Cultivars

ZHU Chun-hua, LI Jin-xue, GAO Jun-yan, ZHOU Dong-guo, GONG Qi, YUE Jian-qiang

(Institute of Tropical and Subtropical Cash Crops, YAAS, Ruili 678600, China)

**Abstract:** The volatile components of the peel of different lemon cultivars obtained from Dehong (Yunnan Province, China) were analyzed using GC-MS. The components and relative contents were compared. The results indicated that, total 23, 20 and 27 components were detected from Femminello, YN "1" and Allen Eureka, respectively. Hydrocarbon, aldehydes, alcohols, esters and ketones were common volatile components of 3 lemon cultivars. Different types of alkenes are the main components of lemon fruit, in which the major characteristic aromatic component are limonene, followed by  $\beta$ -Pinene and  $\gamma$ -Terpinene. The volatile components of contents and categories detected in Allen Eureka were found to be higher than Femminello and YN "1".

**Key words:** lemon; peel oil; characteristic aroma contents

柠檬果实以其特有的高酸低糖芳香等品质, 且具有降血脂、降血糖、开胃等功效, 一直位于市场鲜销果实价格之首。柠檬精油具有祛痰、止咳、促进肠胃蠕动、溶解胆结石及消炎抗菌等作用, 被广泛应用于食品、饮料、化工、美容、保健、医疗和环卫等行业, 柠檬烯等特征香气成分是评价柠檬油品质的主要指标, 影响精油成分的因素有品种、气候、栽培技术等<sup>[1]</sup>。美国、阿根廷、土耳其、墨西哥等国是柠檬主要栽培国家, 关于柠檬精油挥发性成分的研究国外起步较早, 有学者分析了 Meyer、Zambetakis、Femminello、Verdello 等柠檬品种的果皮、叶片的精油挥发性成分, 表明 D-柠檬烯、 $\gamma$ -蒎烯、 $\beta$ -蒎烯、 $\beta$ -罗勒烯、香叶

烯、香桉烯、顺-香叶醇、香叶醇、芳樟醇、柠檬醛、香叶酯、橙花酯等是主要特征香气成分<sup>[2-5]</sup>。Manuel G 在佛罗里达州栽培的柠檬果实中检测出 15 种新物质<sup>[2]</sup>, 在美国加州、亚利桑那州 2 个地区栽培的尤力克柠檬中检测出 21 种挥发性物质<sup>[6]</sup>, 也有学者采用 GC、GC-MS 方法分析了意大利、希腊、日本等国的柠檬皮精油的化学成分<sup>[5,7]</sup>。国内学者在香气形成机理及遗传多样性方面开展了广泛而深入的研究, 品种主要有柑橘、橙、瓜等<sup>[8-10]</sup>, 柠檬品种研究报道较少, 仅见杨荣华<sup>[11]</sup>分析了白柠檬果皮精油成分及特征香气、黄远征分析了塔西提莱檬和尤力克柠檬等 25 个柑桔品种果皮精油挥发性成分<sup>[12]</sup>。

香气是柠檬果实品质的重要组成部分, 也体现种类和品种的差异性, 香气物质研究对提高柠檬品质、品质育种及其深加工均具有重要意义。本研究采用 GC-MS 方法分析了云南德宏地区栽培的不同柠檬品种果实果皮精油挥发性成分, 拟通过比较不同品种果皮精油的化学成分差异, 为优良品种选育及柠檬加工提供科学依据。

### 1 材料与方法

收稿日期: 2012-05-30

基金项目: 现代农业(柑橘)产业技术体系柠檬综合试验站建设专项(GARS-27); 国家科技部科技人员服务企业行动项目(2009GJF30028); 云南省科技计划党政“一把手”科技工程项目(2008QA004); 云南省德宏州柠檬产业化创新团队项目((德科创 2012)001); 云南省德宏州创新人才培养计划项目(德宏科技人才2012-1-3)

作者简介: 朱春华(1985-), 女, 硕士研究生, 助理研究员, 主要从事柠檬采后生理及加工研究

通讯作者: 岳建强

### 1.1 试验材料

试材采自云南省德宏州瑞丽市, 云南省农业科学院热带亚热带经济作物研究所基地, 品种为艾伦尤力克、云柠 1 号、费米耐劳, 3 个品种生长管理水平一致, 5 年生树, 树体长势良好, 砧木为枳壳 (*P. trifoliata* (L.) Raf.), 果实均为未套袋柠檬果实。试材分析在华中农业大学食品科技学院进行, 试材采集时间为 2009 年 9 月 3 日即春花果柠檬上市时间, 3 个品种均于当年 2 月 20 日左右现蕾, 3 月中旬开花, 每个样品采自 3 棵树, 从每棵树的不同内外膛随机选取 10 个果实, 用于果皮精油挥发性成分的提取和分析。

### 1.2 柠檬果皮精油挥发性物质的提取方法

将柠檬洗净, 剥下果皮, 称取果皮 20 g, 用 50 mL 正己烷提取, 0.45  $\mu\text{m}$  有机项滤膜过滤, 然后取 1  $\mu\text{L}$  进样。

### 1.3 GC 及 GC-MS 分析

Agilent 6890N 型气相色谱仪, 气相色谱条件: 毛细管柱为 HP-5 (30 m $\times$ 320  $\mu\text{m}$  $\times$ 0.25  $\mu\text{m}$ ), 程序升温, 起始温度 40  $^{\circ}\text{C}$ , 保持 3 min, 以 3  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  升至 160  $^{\circ}\text{C}$ , 保持 2 min, 再以 8  $^{\circ}\text{C}/\text{min}$  升至 220  $^{\circ}\text{C}$ , 保持 3 min, 进样口温度 250  $^{\circ}\text{C}$ 。

Agilent 5975B 质谱仪, 质谱条件: 离子源温度 230  $^{\circ}\text{C}$ , 四极杆温度 150  $^{\circ}\text{C}$ , 离子化方式 EI, 电子能量 70 eV, 质量范围为 50~550 amu/sec。

### 1.4 定性定量方法

定性分析: 应用气相色谱-质谱联用仪进行分析鉴定, 并利用 C6~C20 正构烷烃的保留时间计算各个色谱峰的保留指数。运用计算机谱库 (NIST05/WILEY7.0) 进行初步检索及资料分析, 再结合文献的保留指数进行比对并进行人工谱图解析, 确认挥发性物质的各个化学组成。

定量分析: 定量采用总离子流图峰面积归一化法求取各成分相对质量百分含量。

## 2 结果与分析

### 2.1 柠檬不同品种果实果皮精油主要挥发性成分

图 1~3 为不同柠檬品种果实的果皮挥发性成分总离子图, 在费米耐劳、云柠 1 号、艾伦尤力克果实果皮精油中分离出 29、33、26 个主要色谱峰。采用 Nist05 谱库分别对各色谱峰进行检索并比较, 选择匹配度高的检索结果, 用面积归一法计算它们的相对含量, 其挥发性成分及含量见表 1。

柠檬不同品种果实果皮精油成分种类及含量存在差异 (图 4), 在费米耐劳、艾伦尤力克、云柠 1 号柠檬果皮中分别检测出 23 种、27 种、20 种挥发性成

分, 分别占总峰面积的 99.36%、91.38%、99.51%。3 个柠檬品种中, 共有成分为烯烃类、醇类、醛类、酯类、酮类, 烯烃类物质含量最高, 相对含量均超过 75%。除萜烯类物质外, 醇类和醛类均占较大比例, 酯类和酮类次之, 酸类仅在尤力克柠檬中检出。3 个柠檬品种中同时被检测到且含量超过 1% 的物质有  $\alpha$ -蒎烯、 $\beta$ -蒎烯、 $\beta$ -水芹烯、 $\beta$ -香叶烯、D-柠檬烯、 $\gamma$ -萜品烯、顺-香叶醇、 $\alpha$ -松油醇、 $\beta$ -柠檬醛、 $\alpha$ -柠檬醛。

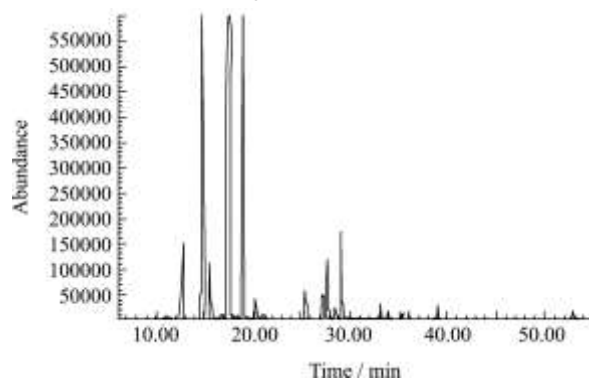


图 1 费米耐劳果皮精油挥发性成分总离子流色谱

Fig.1 TIC of headspace volatile compounds of the peel of

Feminal

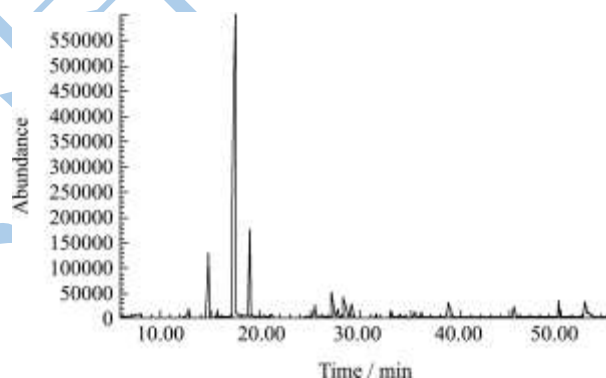


图 2 云柠 1 号精油挥发性成分总离子流色谱图

Fig.2 TIC of headspace volatile compounds of the peel of

YN"1"

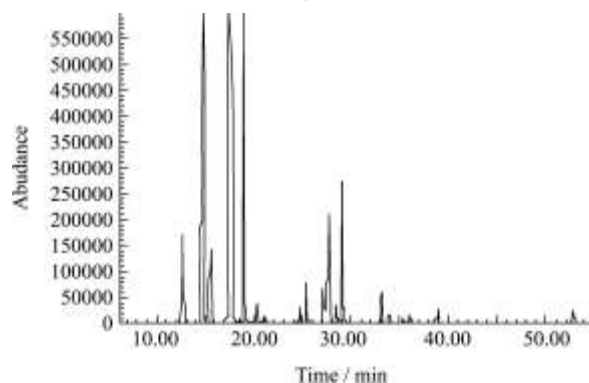


图 3 艾伦尤力克果皮精油挥发性成分总离子流色谱图

Fig.3 TIC of headspace volatile compounds of the peel of Allen

Eurake

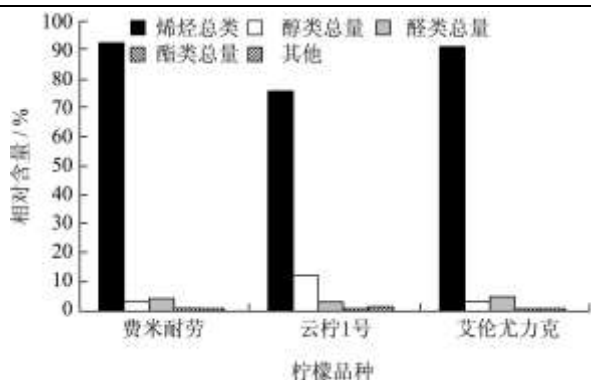


图4 不同柠檬品种果实果皮精油成分种类及含量

Fig.4 The volatile components and relative contents of 3 cultivars

2.2 不同柠檬品种果皮精油特征香气成分分析比较

2.2.1 烯烃类化合物

烯烃类化合物是柠檬果皮精油挥发性成分中含量最高的一类,不同柠檬品种中含量呈显著差异(表1)。费米耐劳、云柠1号、艾伦尤力克柠檬中分别检测出

13、10、15种烯烃类物质,含量分别为92.11%、75.34%、90.88%,占总挥发性成分的92.70%、82.45%、91.33%。烯烃类物质中均以D-柠檬烯含量最高(分别为69.48%、57.73%、70.29%); $\gamma$ -萜品烯(分别为9.91%、8.69%、8.03%)、 $\beta$ -蒎烯(分别为7.87%、5.70%、9.43%)含量次之,三种成分在不同柠檬品种果实中的含量均达到极显著差异水平( $p < 0.01$ )。 $\alpha$ -蒎烯、 $\beta$ -香叶烯、异松油烯、 $\beta$ -甜没药烯4种物质在3个不同柠檬品种果实精油中检出,含量均大于0.1%且达到极显著水平。费米耐劳和艾伦尤力克中检出 $\alpha$ -型罗勒烯(0.11%、0.08%)、云柠1号中检出 $\beta$ -型(0.06%)。 $\alpha$ -小茴香烯(0.03%)是费米耐劳柠檬独有成分, $\alpha$ -萜品烯(0.1%)、水合桉烯(0.04%)、邻-伞花烃(0.01%)、茨烯(0.03%)4种物质是艾伦尤力克柠檬独有烯烃成分。烯烃类化合物中的异松油烯、 $\beta$ -甜没药烯等成分虽然含量不高,但其对柠檬精油香气成分贡献也比较大<sup>[5]</sup>。

表1 不同柠檬品种果皮精油挥发性成分及相对含量

Table 1 The volatile compounds and relative contents of the peel of different lemon cultivars

序号	R.T/min	化合物	分子式	相对含量/%		
				费米耐劳	云柠1号	艾伦尤力克
1	12.43	$\alpha$ -侧柏烯 $\alpha$ -Thujene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0.26aB	-	0.2bA
2	12.71	$\alpha$ -蒎烯 1R- $\alpha$ -Pinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	1.18cC	0.73aA	0.99bB
3	14.76	$\beta$ -蒎烯 beta-Pinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	7.87bB	5.7aA	9.43cC
4	16.17	$\alpha$ -水芹烯 alpha-Phellandrene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	-	-	0.02
5	14.68	$\beta$ -水芹烯 beta-Phellandrene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	1.34bB	0.78aA	-
6	15.57	$\beta$ -香叶烯 beta-Myrcene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	1.07bB	0.63aA	1.03bB
7	19.57	$\alpha$ -小茴香烯 $\alpha$ -Fenchene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0.03	-	-
8	17.4	D-柠檬烯 D-Limonene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	69.48bB	57.73aA	70.29cC
9	17.89	$\beta$ -罗勒烯 $\beta$ -Ocimene	C <sub>8</sub> H <sub>12</sub>	-	0.06	-
10	19.13	$\alpha$ -罗勒烯 $\alpha$ -Ocimene	C <sub>8</sub> H <sub>12</sub>	0.11bA	-	0.08aA
11	16.8	$\alpha$ -萜品烯 $\alpha$ -Terpinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	-	-	0.1
12	18.86	$\gamma$ -萜品烯 $\gamma$ -Terpinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	9.91cC	8.69bB	8.03aA
13	20.33	异松油烯 Terpinolene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0.38bB	0.17aA	0.3bB
14	36.06	$\alpha$ -香柠檬烯 trans- $\alpha$ -Bergamotene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.15bB	-	0.12aA
15	39.04	$\beta$ -甜没药烯 $\beta$ -Bisabolene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	0.28aA	0.81bB	0.21aA
16	19.1	3-萜烯 3-Carene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0.05aA	0.04aA	-
17	20.92	水合桉烯 sabinene hydrate	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	-	-	0.04
18	17.02	邻-伞花烃 o-Cymene	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>	-	-	0.01
19	13.41	茨烯 Camphene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	-	-	0.03
20	27.17	顺-香叶醇 cis-Geraniol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	1.87aA	4.86bB	1.86aA
21	24.7	4-松油醇 Terpinene-4-ol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	0.14aA	-	0.26bB
22	25.39	$\alpha$ -松油醇 $\alpha$ -Terpineol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	0.66aA	1.66bB	0.67aA
23	27.71	2,7-二甲基-2,6-辛二烯-1-醇 2,7-dimethyl-2,6-Octadien-1-ol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	0.01aA	0.08bB	0.02aA
24	28.4	反-金合欢醇 trans-Farnesol	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O	-	4.8	-
25	31.9	$\alpha$ ,4-二甲基苯甲醇 $\alpha$ ,4-dimethyl-Benzenemethanol	C <sub>13</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	-	-	0.01
26	27.72	$\alpha$ -柠檬醛 $\alpha$ -Citral	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	2.21bB	1.66aA	2.75cC

转下页

接上页

27	27.7	$\beta$ -柠檬醛 $\beta$ -Citral	$C_{10}H_{16}O$	1.35bB	1.06aA	1.86cC
28	19.39	丁酸香茅酯 linalyl butyrate	$C_{14}H_{24}O_2$	0.06aA	-	0.16bB
29	33.13	乙酸香叶酯 Geranyl acetate	$C_{12}H_{20}O_2$	0.35	-	-
30	33.96	乙酸橙花酯 Neryl acetate	$C_{12}H_{20}O_2$	0.17aA	-	0.15aA
31	33.13	丙酸橙花酯 Neryl propionate	$C_{13}H_{22}O_2$	-	0.5aA	0.46aA
32	33.96	丁酸香叶酯 Geranyl isobutyrate	$C_{14}H_{24}O_2$	-	0.27	-
33	52.99	白柠檬素 Limettin	$C_{11}H_{10}O_4$	0.43aA	1.03bB	0.42aA
34	23.06	萘酮 Camphor	$C_{10}H_{18}O$	-	-	0.01
35	52.88	十六酸 n-Hexadecanoic acid	$C_{16}H_{32}O_2$	-	0.12	-
合计				99.36	91.38	99.51

注：表中“-”表示未检出或不存在，同行不同大写字母表示差异极显著( $p < 0.01$ )，不同小写字母表示差异显著( $p < 0.05$ )。

### 2.2.2 醇类和醛类化合物

醇类和醛类物质是柠檬果皮精油挥发性成分的主要组分，在费米耐劳、云柠1号、艾伦尤力克柠檬中分别检测出4种(2.68%)、4种(11.40%)、5种(2.82%)醇类化合物和1种醛类物质(含量分别为3.56%、2.72%、4.61%)。醇类含量分别占总挥发性成分的2.70%、12.48%、2.83%。醛类物质占总含量的4.63%、3.58%、2.98%。顺-香叶醇、 $\alpha$ -松油醇、2,7-二甲基-2,6-辛二烯-1-醇是3个品种的共有成分，在云柠1号品种中含量与费米耐劳和艾伦尤力克达到极显著差异水平( $p < 0.01$ )，顺-香叶醇含量最高(4.86%)。

特征成分4-松油醇未在云柠1号中检出，但检出反-金合欢醇(4.8%)，费米耐劳(0.14%)和艾伦尤力克(0.26%)中检出的4-松油醇达到极显著水平， $\alpha$ ,4-二甲基苯甲醇是艾伦尤力克柠檬独有成分。在3个柠檬品种中均未检出芳樟醇、橙花醇等特征香气成分。云柠1号果皮精油中检测出的4种醇类物质含量均高于其他2种果实，而 $\alpha$ -柠檬醛和 $\beta$ -柠檬醛含量最低(1.66%、1.06%)。

### 2.2.3 酯、酮和酸类化合物

酯类和酮类化合物虽然含量较低，但对柠檬精油香气有一定的贡献，大多酯类具有特殊的水果香味，是柑橘香气的重要组成部分，在费米耐劳、云柠1号、艾伦尤力克柠檬中分别检测出3种、2种、3种酯类化合物，含量分别为0.58%、0.77%、0.77%，占总挥发性成分的0.58%、0.84%、0.77%。3个品种中没有检出共同酯类物质，丁酸香茅酯、乙酸橙花酯在费米耐劳和艾伦尤力克柠檬中检出。乙酸香叶酯(0.35%)、丁酸香叶酯(0.27%)分别是费米耐劳和云柠1号柠檬独有成分。丙酸橙花酯在云柠1号(0.5%)、艾伦尤力克(0.46%)柠檬中检出，含量未达到显著水平。

酮类化合物对柠檬精油香气有一定的贡献，白柠檬素在3个柠檬品种均有检出，含量依次为云柠1号(1.03%)>费米耐劳(0.43%)>艾伦尤力克(0.42%)；萘酮仅在艾伦尤力克中检出，含量为0.01%。此外，

在云柠1号柠檬中检测出十六酸，含量为0.12%。

## 3 讨论

3.1 国内外学者已经在柠檬精油中检测出200多种挥发性物质，具有淡甜味典型橘类香气、镇咳、祛痰、抑菌作用的柠檬烯是柠檬油的主要组分，也是评判柠檬油纯度的重要指标，除此之外，主要考虑柠檬醛、 $\beta$ -蒎烯、 $\gamma$ -蒎品烯、 $\alpha$ -蒎烯、丁酸香茅酯、芳樟醇等特征香气物质含量<sup>[5]</sup>。果皮精油特征香气成分有26种之多<sup>[35]</sup>，每种物质对香气的贡献大小，不是依据相应含量高低而定，而主要依靠香气阈值<sup>[10]</sup>。Shaw也指出有许多含量较低而不足以检出的柠檬油物质对香气贡献比较大<sup>[13]</sup>。

3.2 在3个柠檬品种中均检测出烯烃、醇、醛、酯、酮5种化合物，烯烃类化合物含量最高，醛和酯含量较低，该结果与日本柠檬精油相似<sup>[7]</sup>。D-柠檬烯、 $\alpha$ -蒎烯、 $\beta$ -蒎烯、 $\gamma$ -蒎品烯、异松油烯、柠檬醛6种物质是3个柠檬品种共有特征香气成分，D-柠檬烯含量最高(56.57%~70.64%)，其次为 $\gamma$ -蒎品烯(8.07%~16.28%)、 $\beta$ -蒎烯(6.24%~13.33%)， $\alpha$ -蒎烯(0.99%~1.14%)，该试验结果与国外文献相似<sup>[5]</sup>。费米耐劳柠檬果皮精油中 $\alpha$ -蒎烯、 $\gamma$ -蒎品烯、 $\beta$ -香叶烯含量高于其它2个品种，该结果与DiVaio C相反<sup>[14]</sup>。Stavroula A等报道，在柠檬果皮精油中检测出香桉烯、芳樟醇、橙花醇、乙酸乙酯、乙酸香茅酯、乙酸香叶酯、辛醛、壬醛、橙花醛、香叶醛、柠檬醛、香茅醛、紫苏醛等物质， $\beta$ -罗勒烯在叶片精油中含量较高，但很少在果皮精油中检出<sup>[5-6]</sup>，本试验中在云柠1号柠檬果皮精油中检测出特征香气成分 $\beta$ -罗勒烯，这可能与德宏当地气候条件有关。Ikeda RM等认为醛类化合物虽然含量较低，但对柠檬油香气有重要贡献，具有愉悦香气和2种不同结构的不饱和柠檬醛，是柠檬油特征香气的主要成分<sup>[15]</sup>。本试验中3个柠檬品种果皮精油香气成分中只检出 $\alpha$ -和 $\beta$ -柠檬醛物质，而未检出文献报道的芳樟醇、橙花醇、香桉烯、橙花醛、香叶醛等

特征香气成分<sup>[5]</sup>。本研究检出挥发性物质总量占总峰值的90%以上,最高的达99.51%,尚有少量未鉴定的成分,其中是否还存在未知的特征香气成分,有待进一步研究。

3.3 从3个柠檬品种挥发性成分来看,不同品种差异较大,费米耐劳和艾伦尤力克主要以烯炔类为主,艾伦尤力克特征香气含量明显高于费米耐劳柠檬。云柠1号柠檬果皮精油中烯炔类物质低于另外2个品种(9.7%~11.1%),但醇类物质含量却是另外它们的4倍,可以看出云柠1号柠檬果皮精油的香气是烯炔和醇类为主。

3.4 果实的香气形成受多种因素的影响,品种、气候、栽培技术、成熟度、套袋等因素均会影响其种类和含量。不同品种果实香气成分存在较大差异,同一品种不同成熟度的果实香气成分也不同<sup>[10]</sup>。德宏地区气候条件、栽培技术、土壤基质等不同均可能导致当地栽培的柠檬与国外及国内其它地区相同品种的果实果皮精油香气成分的差异,这些因素中有些是不可控制的,因此很难得出一套系统、全面的精油成分评价系统,果皮精油中键合态香气物质的种类及含量与呈香物质相关性及其生物合成途径有待继续研究。

#### 4 结论

烯炔类物质是柠檬果皮精油挥发性成分的主要组分,特征香气物质D-柠檬烯在柠檬果皮精油中含量最高。艾伦尤力克柠檬中烯类、醇类、醛类、酯类和酮类物质的种类和含量均高于费米耐劳柠檬和云柠1号柠檬,在艾伦尤力克、费米耐劳和云柠1号柠檬中分别检出19种、17种、15种特征香气成分,其中D-柠檬烯、 $\beta$ -蒎烯、柠檬醛等在艾伦尤力克柠檬中含量最高。

#### 致谢

感谢华中农业大学食品科技学院院长、国家柑橘产业技术体系采后处理与加工研究室岗位科学家潘思轶教授帮助完成试材分析。

#### 参考文献

[1] Waltonb Sinclair. The Biochemistry and Physiology of the Lemon and other Citrus fruit [M]. Printed in the United States of America, 1984

- [2] Manuel G Moshonas, Philip E Shaw, Matthew K Veldhuis. Analysis of volatile constituents from Meyer lemon oil [J]. Agric. Food Chem., 1972, 20(4): 751-752
- [3] Nguyen H, Eva M Campi, Jackson W Roy, et al. Effect of oxidative deterioration on flavour and aroma components of lemon oil [J]. Food Chemistry, 2009, 112: 388-393
- [4] Marie-Laure Lota, Dominique de Rocca Serra, Félix Tomi, et al. Volatile Components of Peel and Leaf Oils of Lemon and Lime Species [J]. Agric. Food Chem., 2002, 50(4): 796-805
- [5] Stavroula A Vekiari, Efthios E Protopapadakis, Parthena Papadopoulou, et al. Composition and Seasonal Variation of the Essential Oil from Leaves and Peel of a Cretan Lemon Variety [J]. Agric. Food Chem., 2002, 50(1): 147-153
- [6] Staroscic JA, Wilson AA. Seasonal and Regional Variation in the Quantitative Composition of Cold-Press Lemon Oil from California and Arizona [J]. Agric. Food Chem, 1982, 30: 835-837
- [7] Sawamura M, Poiana M, Kawamura A, et al. Volatile components of peel oils of Italian and Japanese lemon and bergamot [J]. Ital. J. Food Sci., 1999, 11 (2): 121-130
- [8] 毛婷,董静,龚丽,等.响应曲面法优化微波辅助萃取橙皮精油的工艺研究[J].现代食品科技,2011,27(1):84-86
- [9] 谭欢,吴跃辉,尚学斌,等.GC-MS法分析金瓜在贮藏过程中挥发性精油含量及成分的变化[J].现代食品科技,2010, 26(9):1023-1027
- [10] 乔宇,范刚,程薇,等.锦橙果实发育过程中香气成分的变化[J].果树学报,2011,28(1):138-142
- [11] 杨荣华.白柠檬果皮油特征香气成分的评价[J].食品与发酵工业,2000,26(3):31-34
- [12] 黄远征,吴云伦.25个种和品种的柑桔果皮精油的化学成分[J].天然产物研究与开发,1997,10(4):48-54
- [13] Shaw P.E. Review of Quantitative Analyses of Citrus Essential Oils [J]. Agric. Food Chem, 1979, 27: 246-257
- [14] Di Vaio C, Graziani GA, Gaspari G, et al. Essential oils content and antioxidant properties of peel ethanol extract in 18 lemon cultivars [J]. Science Horticulture, 2010, 126: 50-55
- [15] Ikeda RM, Rolle LA, Vannier SH, et al. Isolation and Identification of Aldehydes in Cold-pressed Lemon oil [J]. Agriculture and food chemistry, 1962, 10(23): 98-102