

宽皮橘精油挥发性成分的电子鼻和 GC-MS 分析

Electronic nose and GC-MS analysis on volatile compounds in essential oils from mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) peels

曹雪丹¹ 方修贵¹ 李二虎² 徐建国¹ 赵 凯¹

CAO Xue-dan¹ FANG Xiu-gui¹ LI Er-hu² XU Jian-guo¹ ZHAO Kai¹

(1. 浙江省柑橘研究所, 浙江 台州 318026;

2. 华中农业大学食品科学技术学院环境食品学教育部重点实验室, 湖北 武汉 430070)

(1. Zhejiang Citrus Research Institute, Taizhou, Zhejiang 318026, China; 2. Huazhong Agricultural University, College of Food Science and Technology, Key Laboratory of Environment Correlative Dietology, Ministry of Education, Wuhan, Hubei 430070, China)

摘要:采用辊式压榨法制取椪柑、温州蜜柑、本地早蜜橘和椪橘 4 种宽皮橘的精油,并运用电子鼻和气相色谱—质谱联用 (GC-MS) 技术进行挥发性成分分析。结果表明:电子鼻的 18 个传感器中有 5 个对 4 种宽皮橘精油嗅味分析的响应值具有显著差异 ($P<0.05$),通过主成分分析 (PCA) 可以将 4 种宽皮橘精油成分进行很好地区分,区分因子 $\geq 86\%$ 。GC-MS 分析分别从椪柑、温州蜜柑、本地早蜜橘和椪橘 4 种宽皮橘精油中鉴定出 38, 37, 37, 36 种化合物,总计 72 种。其中仅 11 种为共有化合物,而各自特有化合物共达 30 种。

关键词: 电子鼻; GC-MS; 精油; 宽皮橘

Abstract: The essential oils were extracted from four varieties of *Citrus Reticulata* peels (*Citrus poonensis* Hort. ex Tanaka, *Citrus unshiu* Marc., *Citrus suceosa* Hort. ex Tanaka and *Citrus tardiferax* Hort. ex Tanaka) by roll-pressed, and then volatile compounds were analyzed by electronic nose and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) technology. The results shows that, 5 kinds of the 18 sensors have a significant difference in the response values of the four kinds of *Citrus Reticulata* Blanco oils ($P<0.05$), electronic nose was applied to distinguish the essential oils through the principal component analysis (PCA) and the classification index was above 86%. GC-MS analysis showed there were 38, 37, 37 and 36 compounds identified from the four kinds of essential oils, respectively, with the total of 72 compounds, 11 common compounds only, and their unique compounds amounting to 30.

Keywords: electronic nose; GC-MS; essential oils; mandarin

柑橘是世界上栽培范围最为广泛的作物之一^[1], 中国不

仅是柑橘属 (*Citrus*) 植物的重要起源中心^[2-3], 也是主要的柑橘生产大国, 种植面积居世界首位, 产量占全球总产量的 10% 以上^[4], 其中宽皮橘 (*C. reticulata* Blanco) 约占世界总产量的 50%^[5]。同时, 中国也是柑橘罐头生产大国, 年消耗宽皮橘约达 5.0×10^5 t^[6]。相对于甜橙、柠檬等而言, 宽皮橘的果皮较宽松、容易剥离, 一般可占鲜果重量的 30% 左右, 且富含果胶、精油和黄酮等多种天然活性成分^[7]。精油是具有芳香气味的挥发性油状物质^[8], 它是柑橘加工业尤其是柑橘汁加工的主要副产物^[9], 由萜类和醇类、醛类、酸类、酯类等物质构成, 其中柠烯、蒾烯、蒾品烯等是柑橘精油的特征化合物, 醇、醛和酯等含氧化合物是其主要香气来源^[10-12], 同时还有研究发现植物精油一般都具有抗菌、抗氧化及消炎、镇痛等功效^[13], 比如柑橘精油在食品上用作香味剂时经常被发现有抗菌性, 其无萜柑橘精油所含有的植物次生代谢产物可以影响金黄色葡萄球菌的生长^[14], 甚至还有研究^[15]表明柑橘精油能改善睡眠质量。

柑橘精油的提取方法众多, 比如压榨或冷磨法都是利用外力使含有精油的油胞破碎, 蒸馏法是通过 100 °C 的热蒸汽将精油带出后再冷凝收集, 以及应用超临界萃取或微波流体扩散技术等^[16]。相对于蒸馏法而言, 压榨或冷磨精油的成分更加接近天然, 同时还保存了一部分非挥发性成分, 如类胡萝卜素、黄酮和香豆素类化合物等。作为食品和非酒精饮料中重要的香味来源, 全球每年消耗的柑橘精油约达 5.6×10^4 t^[17], 其中这些商业柑橘精油仍主要通过冷磨或压榨的方式获得^[18]。相对于宽皮橘而言, 果皮不易剥离的甜橙、柠檬等精油更适宜采用冷磨法制取。而国际上的压榨精油一般使用螺旋压榨机, 将切成碎块的柑橘皮物料从喂料口投入后, 在螺旋推进杆的推进下, 其外果皮上的油囊细胞被挤压、磨破, 精油从中渗出, 在适量水喷淋下从压榨机中流出, 而后

作者简介: 曹雪丹 (1980—), 男, 浙江省农业科学院 (浙江省柑橘研究所) 助理研究员, 硕士。E-mail: xuedancao@qq.com

收稿日期: 2017-12-05

进一步分离。

目前,无论是产量还是售价,甜橙和柠檬类柑橘精油在国际市场上依然占有优势地位,国外关于其化学成分的鉴定^[19]、分离^[20]、抗炎及其他生理活性^[21]相关研究亦较为普遍。然而中国主产的宽皮橘精油香味特殊、复杂,是甜橙或柠檬类柑橘精油无法替代且人工合成香精难以模仿的,具有较高的商业价值。近年来,中国不少学者对一些宽皮橘精油的化学成分进行了研究,如贾德翠等^[22]对椪柑果皮精油成分进行了分析,郭润霞等^[23]将椪柑、温州蜜柑和关系较远的香柚精油进行了比较,尚雪波等^[24]对3种杂柑果皮精油进行了鉴定,但上述柑橘精油均为水蒸气蒸馏法制得,且缺乏不同宽皮橘品种之间的比较分析,尤其是对不同品种宽皮橘精油的独特性研究不足。而谢练武等^[25]对压榨法和蒸馏法制取湖南蜜橘精油的得率、色泽和香味进行了比较,认为压榨法更适合于工业大规模连续生产,方修贵等^[6]改进了宽皮橘精油与果胶的联合提取工艺,进一步提高了压榨精油的得率。但以压榨法制得宽皮橘精油的成分分析及品种间对比的相关研究尚未见报道。

本试验拟采用辊式压榨机代替传统的螺旋式压榨机进行柑橘皮精油的提取,并通过固相微萃取-气相色谱-质谱(SPME-GC-MS)联用技术结合电子鼻分析对椪柑、温州蜜柑、本地早蜜橘和椪橘4个不同品种的宽皮橘压榨精油进行比较,为今后宽皮橘精油的品种鉴别、开发应用和香味评价提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

椪柑(*C. poonensis* Hort. ex Tanaka)、温州蜜柑(*C. unshiu* Marc.)、本地早蜜橘(*C. sucosa* Hort.ex Tanaka)和椪橘(*C. tardifera*x Hort. ex Tanaka);浙江省台州市黄岩区浙江省柑橘研究所(山站);

氯化钙、氯化钠等:分析纯,国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器设备

电子鼻:FOX 4000型,配有18种金属氧化物传感器(LY2/LG, LY2/G, LY2/AA, LY2/GH, LY2/gCTL, LY2/gCT, T30/1, P10/1, P10/2, P40/1, T70/2, PA2, P30/1, P40/2, P30/2, T40/2, T40/1, TA/2)、自动进样器 HS100 和 SOFTV12.3 软件,法国 Alpha M.O.S.公司;

气相色谱仪:7890A型,美国 Agilent 公司;

质谱仪:5975C型,美国 Agilent 公司;

SPME 萃取头:50/30 μm DVB/CAR/PDMS 型,美国 Supelco 公司;

三辊式压榨机:10CM 型,台州市椒江机械设备厂。

1.3 试验方法

1.3.1 精油制备 参考方修贵等^[6]的方法略加修改,将新鲜橘皮称重后,在室温 $[(18\pm2)\text{ }^{\circ}\text{C}]$ 下按料液质量比1:2的比例浸泡在0.5%的 CaCl_2 溶液中,5 h后捞出沥去水分再用三辊式压榨机进行压榨,收集压榨液待静置过夜($\geq 12\text{ h}$),取

上层乳浊液于10 000 r/min 离心15 min,吸取上层清液即为橘皮精油,4 $^{\circ}\text{C}$ 密封避光保存,待测。

1.3.2 电子鼻分析 吸取精油1 mL加入10 mL旋口顶空瓶中密封,稳定1 h后上自动进样器分析。样品的检测参数:以干燥空气为载气,流速150 mL/min,注射总量2.5 mL,注射温度50 $^{\circ}\text{C}$,注射速度2.5 mL/s,获取时间90 s,延滞时间300 s。每个样品在上述条件下重复分析3次。

1.3.3 GC-MS 分析

(1) 固相微萃取:量取精油5 mL加入10 mL 钳口样品瓶中(含NaCl 2.60 g)密封,在磁力搅拌器上60 $^{\circ}\text{C}$ 加热平衡30 min后,采用50/30 μm DVB/CAR/PDMS 萃取头顶空吸附40 min,在进样口解析5 min后开始GC-MS分析。

(2) 色谱条件:毛细管柱为DB-WAX(30 m $\times$ 320 $\mu\text{m}\times$ 0.25 μm);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 $^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 质谱条件:离子源230 $^{\circ}\text{C}$,四极杆150 $^{\circ}\text{C}$,离子化EI,电子70 eV,质量范围30~550 AMU/s。

(4) 定性分析:应用GC-MS 联用仪分析后,运用NIST05a 谱库进行数据检索,并结合资料分析确认各挥发性物质的化学组成。

2 结果与分析

2.1 不同品种宽皮橘精油的电子鼻分析

电子鼻可以利用电化学传感系统进行气味和挥发物的分析、识别和检测^[26]。通常情况下,它具有多个不同选择性的气敏传感器,可将不同挥发物分子转化为可测的物理信号组,从而实现气体中嗅味的分析。所以,通过电子鼻得到的数据是样品当中挥发性成分的整体信息。由图1可知,不同传感器对椪柑、温州蜜柑、本地早蜜橘和椪橘4个宽皮橘精油样品的反应信号强度不同,其中LY2/G、LY2/AA、LY2/GH、LY2/gCTL 和 LY2/gCT 5个传感器响应值具有显著差异($P<0.05$)。

主成分分析(Principal Component Analysis, PCA)是一种把多个复杂指标简化为几个综合指标的统计方法。将所获得的多个传感器指标数据信息通过PCA 进行转换和降维,然后再进行线性分类,最终在PCA 分析图上呈现出主要的二维散点,因此,这些线形组合后的具有信息重叠的多个指标之间变得既互不相关,又能保留原指标的信息。由图2可以看出,第1主成分的贡献率高达88.82%,而第2主成分则为9.19%,二者总的贡献率为98.01%。这2个主成分几乎可以包含样品的所有信息,且椪柑、温州蜜柑、本地早蜜橘和椪橘4个宽皮橘精油挥发性成分的电子鼻响应值没有重叠区域,区分度较好,区别因子达到86%。

2.2 不同品种宽皮橘精油挥发性成分的 GC-MS 分析

4种宽皮橘精油的挥发性成分总离子流色谱图见图3。结合气相色谱保留指数和有关文献^[27-28]从4种宽皮橘精油中鉴定出挥发性化合物的具体名称、保留时间及匹配度等分析结果见表1。

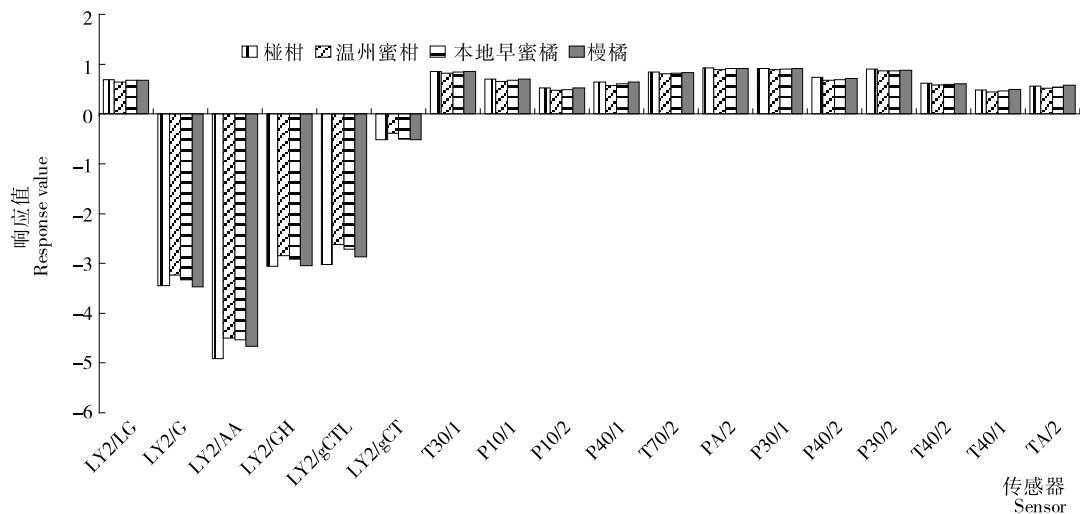


图 1 不同宽皮橘精油的信号响应强度

Figure 1 Response intensity of different *Citrus Reticulata* Blanco essential oils

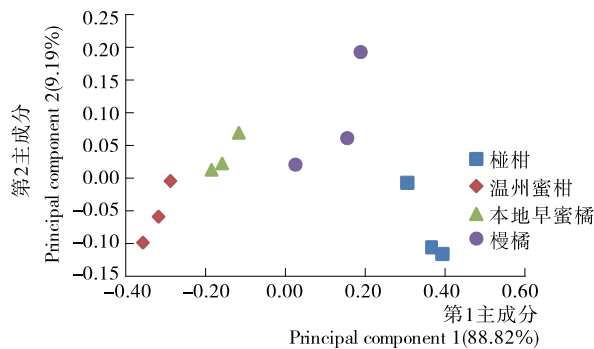


图 2 不同宽皮橘精油的主成分分析图

Figure 2 PCA analysis of different *Citrus Reticulata* Blanco essential oils

由表 1 可知,从 4 种宽皮橘精油中鉴定出 72 种化合物,主要包括萜类 43 种,醇类 7 种,醛类 5 种,酚类 5 种和酸类 3 种等。其中萜类为宽皮橘精油中的主要挥发性化合物,主要包括无环单萜 13 种,单环单萜 21 种,双环单萜 2 种,及倍半萜 7 种。其中共 11 种化合物为 4 种宽皮橘精油所共有的特征性挥发成分,分别是 α -蒎烯、*D*-柠檬烯、 γ -萜品烯、萜品油烯、顺-柠檬烯氧化物、反-柠檬烯氧化物、癸醛、芳樟醇、正辛醇、 α -萜品醇和顺-香芹醇,上述化合物可能构成了宽皮橘精油基本香味的主要特征。

在椪柑精油中发现了 38 种挥发性化合物,其中反-异柠檬烯醇、丙酸橙花醇酯、异香芹醇、(*E,E*)-2,4-癸二烯醛、苯甲醇、苯乙醇和 4-甲基苯酚为椪柑特有,这 7 种化合物可能

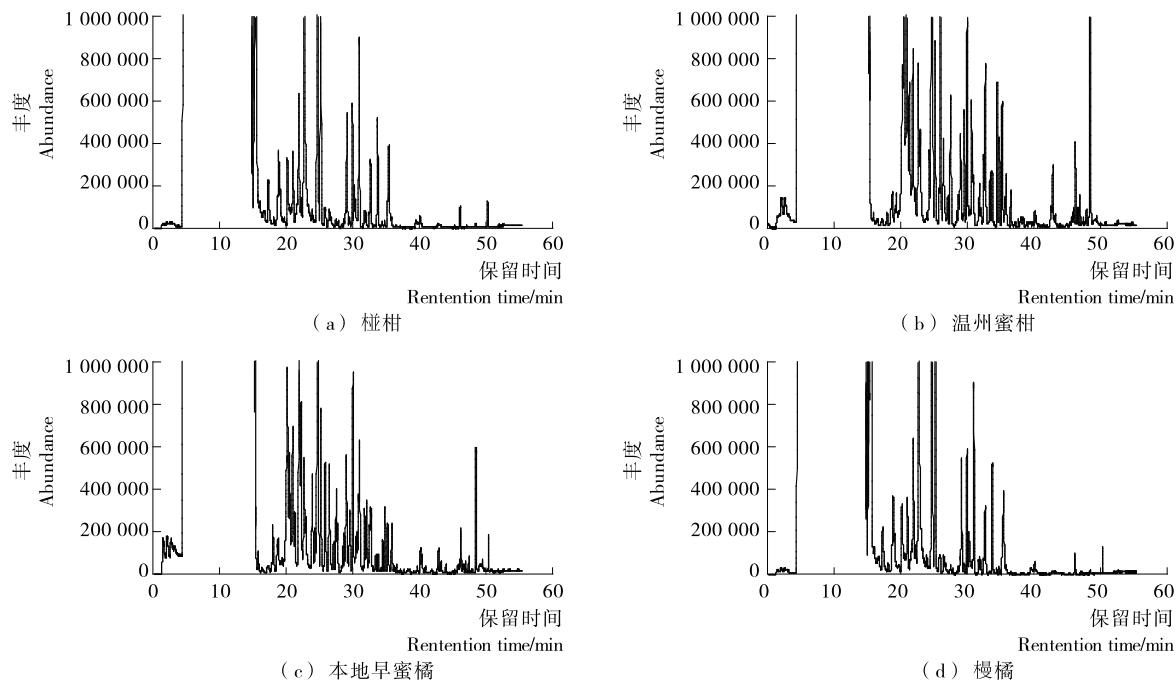


图 3 不同宽皮橘精油的总离子流色谱图

Figure 3 Total ion chromatogram of different *Citrus Reticulata* Blanco essential oils

表 1 不同品种宽皮橘精油的 GC-MS 分析结果[†]

Table 1 GC-MS analytical results of different *Citrus Reticulata* Blanco essential oils

化合物名称	椪柑		温州蜜柑		本地早蜜橘		椶橘	
	保留时间/min	匹配度	保留时间/min	匹配度	保留时间/min	匹配度	保留时间/min	匹配度
乙酸乙酯	2.56	86	2.55	86	—	—	—	—
α -蒎烯	4.63	94	4.60	95	4.67	94	4.53	96
β -蒎品烯	—	—	—	—	—	—	7.83	90
D-柠檬烯	11.88	94	11.97	94	11.50	94	12.10	94
γ -蒎品烯	14.88	97	14.80	95	14.79	94	14.87	94
对伞花烃	15.07	97	15.07	93	—	—	—	—
邻伞花烃	—	—	—	—	—	—	15.16	95
蒎品油烯	15.33	96	15.28	96	15.31	96	15.31	94
正辛醛	—	—	15.36	87	—	—	15.59	96
甲基庚烯酮	—	—	16.57	87	—	—	—	—
正己醇	—	—	—	—	—	—	17.27	88
罗勒烯	17.97	98	17.94	98	17.93	97	18.10	97
波斯菊萜	—	—	18.58	93	—	—	—	—
壬醛	—	—	18.72	90	—	—	18.87	91
叶醇	—	—	—	—	—	—	19.06	87
1,5,8-孟三烯	18.61	93	19.64	95	18.57	95	—	—
乙酸	20.19	87	—	—	—	—	20.16	91
顺-柠檬氧化物	20.45	96	20.22	96	20.44	96	20.53	95
反-柠檬氧化物	20.91	91	20.93	91	20.91	85	21.00	93
香茅醛	21.81	94	21.81	95	—	—	21.89	96
α -古巴烯	—	—	22.13	97	—	—	—	—
α -葑澄茄油烯	—	—	—	—	22.14	97	22.23	98
癸醛	22.61	91	22.61	91	22.60	87	22.74	91
芳樟醇	24.70	94	24.75	94	24.73	94	24.73	94
正辛醇	25.11	91	25.13	91	25.13	91	25.20	91
β -榄香烯	25.75	98	25.78	98	25.77	97	—	—
β -石竹烯	—	—	—	—	—	—	25.91	94
百里香酚甲醚	25.95	97	25.97	94	—	—	—	—
4-蒎品醇	26.40	95	—	—	26.40	95	26.44	94
β -环柠檬醛	—	—	—	—	—	—	26.75	94
甲酸香草酯	—	—	27.05	97	27.05	96	—	—
月桂醇	—	—	—	—	27.65	91	—	—
α -石竹烯	28.40	95	28.42	97	28.42	98	—	—
2,6-二甲基-2,6-辛二烯	28.64	97	—	—	28.66	95	28.68	97
壬醇	—	—	—	—	—	—	28.93	86
反-异柠檬烯醇	28.98	87	—	—	—	—	—	—
(E)-柠檬醛	—	—	—	—	—	—	29.13	95
茨烯	—	—	—	—	—	—	29.54	91
α -蒎品醇	29.94	90	29.96	90	29.96	91	29.96	91
巴伦西亚橘烯	—	—	—	—	—	—	30.25	99
十二醛	30.37	91	—	—	30.41	96	—	—
甘菊环	—	—	30.63	95	30.61	95	—	—
D-香芹酮	30.80	94	30.79	96	30.81	95	—	—
丙酸橙花醇酯	30.92	91	—	—	—	—	—	—
δ -杜松烯	—	—	—	—	31.72	95	31.72	94

续表 1

化合物名称	椪柑		温州蜜柑		本地早蜜橘		椶橘	
	保留时间/min	匹配度	保留时间/min	匹配度	保留时间/min	匹配度	保留时间/min	匹配度
乙酸香叶酯	32.03	87	—	—	32.04	91	32.02	91
4-(1-甲基乙烯基)-1-环己烯-1-甲醛	32.46	96	32.46	95	32.47	93	—	—
紫苏醛	—	—	—	—	—	—	32.47	81
6,7-二氢香叶醇	—	—	—	—	—	—	32.68	97
D-香茅醇	32.68	97	32.69	95	—	—	—	—
异香芹醇	33.41	94	—	—	—	—	—	—
(E,E)-2,4-癸二烯醛	33.68	98	—	—	—	—	—	—
橙花醇	—	—	—	—	—	—	33.76	94
α -甲基萘	—	—	34.48	96	34.47	96	—	—
顺-香芹醇	34.79	95	34.80	98	34.80	97	34.79	96
$\alpha,\alpha,4$ -三甲基苯甲醇	—	—	35.23	90	35.19	94	—	—
β -甲基萘	—	—	—	—	35.63	87	—	—
反-香芹醇	—	—	35.82	99	35.81	99	—	—
苯甲醇	35.97	96	—	—	—	—	—	—
1-甲基-2-丙基环戊烷	—	—	—	—	36.18	86	—	—
苯乙醇	37.16	93	—	—	—	—	—	—
1,6-二甲基萘	—	—	38.18	96	—	—	—	—
2-己烯酸	—	—	—	—	—	—	39.53	94
紫苏醇	40.34	96	40.37	95	40.35	95	—	—
4-乙基愈创木酚	40.86	91	—	—	40.87	90	—	—
4-甲基苯酚	42.61	95	—	—	—	—	—	—
香芹酚	46.23	94	45.76	90	—	—	—	—
2-甲氧基-3-烯丙基苯酚	—	—	—	—	45.32	97	—	—
4-乙烯基愈创木酚	—	—	—	—	46.18	90	46.17	95
3-甲基-4-异丙基苯酚	46.64	87	46.23	94	—	—	—	—
百里香酚	—	—	—	—	46.92	90	—	—
癸酸	—	—	49.03	93	49.17	96	—	—

† 表中“—”视为未检出。

是构成椪柑精油独特香味风格的重要成分。

在温州蜜柑精油中发现了 37 种挥发性化合物,其中甲基庚烯酮、波斯菊萜、 α -古巴烯和 1,6-二甲基萘为温州蜜柑特有,这 4 种化合物可能是构成温州蜜柑独特香味风格的重要成分。

在本地早蜜橘精油中发现了 37 种挥发性化合物,其中月桂醇、 β -甲基萘、1-甲基-2-丙基环戊烷、2-甲氧基-3-烯丙基苯酚和百里香酚为本地早蜜橘特有,这 5 种化合物可能是构成本地早蜜橘独特香味风格的重要成分。

在椶橘精油中发现了 36 种挥发性化合物,其中 β -蒎品烯、邻伞花烃、正己醇、叶醇、 β -石竹烯、 β -环柠柠檬醛、壬醇、(E)-柠檬醛、苈烯、巴伦西亚橘烯、紫苏醛、6,7-二氢香叶醇、橙花醇和 2-己烯酸为椶橘特有,这 14 种化合物可能是构成椶橘独特香味风格的重要成分。

3 结论

(1) 电子鼻(FOX 4000 型)的 18 个传感器中有 5 个对 4 种宽皮橘精油嗅味分析的响应值具有显著差异($P<0.05$), 52

将响应值数据通过 PCA 分析发现,其中第 1 主成分贡献率为 88.82%,第 2 主成分贡献率为 9.19%,两项总和为 98.01%,说明可以运用电子鼻技术对椪柑、温州蜜柑、本地早蜜橘和椶橘这 4 种单一来源的柑橘精油进行区分。

(2) 从椪柑、温州蜜柑、本地早蜜橘和椶橘精油中分别鉴定出 38,37,37,36 种,共计 72 种化合物,其中 11 种化合物为 4 种宽皮橘精油所共有,这些化合物可能是构成宽皮橘精油基本香味特征的主要成分,另有 30 种化合物分别为各宽皮橘精油所独有,可能是构成各自独特香味风格的重要成分,但上述各种化合物对 4 种宽皮橘精油香味特征和各自风格的影响尚待进一步研究。

参考文献

[1] OLLITRAULT P, TEROL J, CHEN Chun-xian, et al. A reference genetic map of *C. clementina* hort. ex Tan.; citrus evolution inferences from comparative mapping[J]. Biomedical Central Genomics, 2012, 13(5): 593-612.

[2] 陈明. 椪柑和脐橙果实柠檬酸合成与降解相关基因表达及其调

控研究[D]. 杭州：浙江大学，2013：1.

[3] JING Li, LEI Zhen-tian, ZHANG Gui-wei, et al. Metabolite profiles of essential oils in citrus peels and their taxonomic implications[J]. Metabolomics, 2015, 11(4): 952-963.

[4] 徐建国. 2010 年浙江省柑橘产销信息[J]. 浙江柑橘, 2010, 27(4): 39-40.

[5] 徐建国. 柑橘优良品种及无公害栽培技术[M]. 北京：中国农业出版社，2003：15.

[6] 方修贵, 叶兴乾, 赵凯, 等. 宽皮橘果皮精油与果胶联产技术研究[J]. 中国食品学报, 2013, 13(5): 85-91.

[7] 曹雪丹, 张新华, 方修贵, 等. 柑橘果皮胶制备过程中黄酮类化合物的提取工艺研究[J]. 浙江柑橘, 2014, 31(4): 25-29.

[8] 王千千, 王洪新, 彭瑶瑶, 等. 三种不同提取方法提取赣南脐橙皮挥发性物质及成分分析[J]. 食品工业科技, 2014, 35(18): 74-79.

[9] LÓPEZ-MUÑOZ G A, ANTONIO-PÉREZ A, DÍAZ-REYES J. Quantification of total pigments in citrus essential oils by thermal wave resonant cavity photopyroelectric spectroscopy[J]. Food Chemistry, 2015, 174: 104-109.

[10] 单杨, 李忠海. 固相微萃取/气相色谱-质谱法分析温州蜜柑精油挥发性成分[J]. 食品科学, 2006, 27(11): 421-424.

[11] 范刚, 乔宇, 姚晓琳, 等. 柑橘加工制品中香气物质的研究进展[J]. 中国农业科学, 2009, 42(12): 4 324-4 332.

[12] 陈丽艳, 王昶. 葡萄柚精油的化学成分分析[J]. 黑龙江医药, 2010(23): 36-37.

[13] SILVA C J, BARBOSA L C A, MALTHA C R A, et al. Comparative study of the essential oils of seven Melaleuca (Myrtaceae) species grown in Brazil[J]. Flavour Fragr J, 2007, 22: 474-478.

[14] FEDERMAN C, JOO J, ALMARIO J A. Citrus-derived oil inhibits *Staphylococcus aureus* growth and alters its interactions with bovine mammary cells[J]. Journal of Dairy Science, 2016, 99(5): 3 367-3 674.

[15] MIRHAFOURVAND M, CHARANDABI S M-A, HAKIMI S, et al. Effect of orange peel essential oil on postpartum sleep quality: A randomized controlled clinical trial[J]. European Journal of Integrative Medicine, 2016, 8: 62-66.

[16] NABIL B, ABERT VIANC M, FERHAT M A. A new process for extraction of essential oil from Citrus peels: Microwave hydrodiffusion and gravity[J]. Journal of Food Engineering, 2009, 90(3): 409-413.

[17] BASER K H C, BUCHBAUER G. Handbook of essential oils: Science, technology, and applications[M]. Boca Raton: CRC Press; 83-120.

[18] MASSON J, LIBERTO E, BEOLOR J C. Oxygenated heterocyclic compounds to differentiate *Citrus spp.* essential oils through metabolomic strategies[J]. Food Chemistry, 2016, 206: 223-233.

[19] VERZERA A, TROZZI A, DUGO G, et al. Biological lemon and sweet orange essential oil composition[J]. Flavour & Fragrance Journal, 2004, 19(6): 544-548.

[20] DUGO P, MONDELLO L, BARTLE K D, et al. Deterpenation of sweet orange and lemon essential oils with supercritical carbon dioxide using silica gel as an adsorbent[J]. Flavour & Fragrance Journal, 1995, 10(1): 51-58.

[21] XIAO Hang, YANG Chung-s, LI Shi-ming, et al. Monodemethylated polymethoxyflavones from sweet orange (*Citrus sinensis*) peel inhibit growth of human lung cancer cells by apoptosis[J]. Molecular Nutrition & Food Research, 2009, 53(3): 398-406.

[22] 贾德翠, 涂洪强, 王仁才, 等. 椪柑果皮精油成分的 GC-MS 分析[J]. 湖南农业科学, 2009(2): 105-107.

[23] 郭润霞, 谭兴和, 蔡文, 等. 柑橘皮精油成分分析[J]. 粮油食品科技, 2011, 19(6): 25-30.

[24] 尚雪波, 张菊华, 单杨, 等. GC-MS 法分析杂柑皮中挥发性精油成分[J]. 食品科学, 2010, 31(2): 175-178.

[25] 谢练武, 郭亚平, 周春山, 等. 压榨法与蒸馏法提取柑橘香精油的比较研究[J]. 化学与生物工程, 2005, 22(5): 15-17.

[26] HAUGEN J E, CHANIE E, WESTAD F. Rapid control of smoked Atlantic salmon (*Salmo salar*) quality by electronic nose: Correlation with classical evaluation methods[J]. Sensors and Actuators, B: Chemical, 2006, 116(1/2): 72-77.

[27] LEE Jian-shing, CHANG Chi-yue, YU Tung-hsi, et al. Studies on the quality and flavor of ponkan (*Citrus poonensis* hort.) wines fermented by different yeasts[J]. Journal of Food and Drug Analysis, 2013, 21: 301-309.

[28] ZARRAD K, HAMOUDA A B, CHAIEB I, et al. Chemical composition, fumigant and anti-acetylcholinesterase activity of the Tunisian *Citrus aurantium* L. essential oils[J]. Industrial Crops and Products, 2015, 76: 121-127.

信息窗

澳专家：通过健康食品补充体内所需

人们都有这样的经历,除了巧克力、果酱、甜甜圈或咖啡外,其他什么都不想吃。澳洲专家近日警告,人们对这些食品的渴望,反映出体内缺乏关键的营养元素,并应该通过健康食品补充。

《每日邮报》报道,营养专家库蒂(Sandra Cooty)称:“我们需要理解对特定食物的强烈需求,并从长远考虑,而不是马上吃这些食物。例如,当我们想吃巧克力或者其他高糖食物时,我们的体内实际缺乏镁(magnesium)。”库蒂建议,人们应该补充五颜六色的新鲜水果和坚果,而不是巧克力。

此外,库蒂说,如果人们持续想吃面包,表明体内缺乏氮(nitrogen)。这可以通过高蛋白质食物,例如红肉、鸡蛋、白软干酪和黄鳍金枪鱼进行补充。

如果你喜欢吃甜饼干,这反映出体内需要增加碳(carbon)、铬(chromium)、磷(phosphorous)和硫(sulfur)。这时候你可以通过坚果、豆类和大量新鲜水果来补充营养。

(来源: <http://news.foodmate.net>)