

郁 萌,刘春泉,牛丽影,等. 脱苦处理对枸橼汁品质的影响[J]. 江苏农业科学,2014,42(2):211-214.

# 脱苦处理对枸橼汁品质的影响

郁 萌<sup>1,2,3</sup>, 刘春泉<sup>2,3</sup>, 牛丽影<sup>2,3</sup>, 李大婧<sup>2,3</sup>

(1. 南京师范大学金陵女子学院, 江苏南京 210097; 2. 江苏省农业科学院农产品加工研究所, 江苏南京 210014;

3. 国家农业科技华东(江苏)创新中心农产品加工工程技术研究中心, 江苏南京 210014)

**摘要:**枸橼为芸香科柑橘属植物,其果汁酸苦,不宜直接饮用。采用苯乙烯二乙基苯类大孔树脂对枸橼汁进行脱苦处理,并对脱苦前后枸橼汁品质变化进行了测定。感官评价结果显示,脱苦前后的果汁外观、气味、滋味等属性差异显著;与脱苦前相比,脱苦后果汁浊度、可溶性固形物含量、可滴定酸含量、褐变度有明显变化。

**关键词:**枸橼汁;树脂;脱苦

**中图分类号:**TS275.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1002TS255.44-1302(2014)02-0211-04

枸橼(*Citrus medica* L.)别称香橼,为芸香科柑橘属植物,果实色泽明艳,香气清新独特,具有理气和中、化痰止咳等功效,是药食两用型中药,但是枸橼果汁酸涩味苦,不宜直接食用<sup>[1]</sup>。柑橘类果汁的苦味主要来源于 2 类物质:一种是柚皮苷,在水中的苦味阈值为 20 mg/L;另一种是柠檬苦素类化合物,在水中的苦味阈值约为 1 mg/L<sup>[2]</sup>。作为药材使用的枸橼干果中柚皮苷含量为 10~70 g/kg,由此可知,枸橼鲜果原汁中柚皮苷含量是苦味阈值的数千倍。柠檬苦素类化合物主要是由枸橼榨汁后非苦味物质的前体在 pH 值小于 6.5 的酸性条件下转化生成的<sup>[2]</sup>。目前,柑橘类果汁脱苦方法很多,其中树脂吸附脱苦法应用最为广泛,苯乙烯二乙基苯类树脂在

柑橘类果汁脱苦中应用效果较好<sup>[3]</sup>。本研究选用国产同类树脂,探讨了枸橼果汁脱苦前后色泽、酸味、挥发性成分等主要品质指标的变化,以期对枸橼鲜果制汁及饮料加工提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

枸橼鲜果采自江苏省靖江市,将鲜果切成长、宽均为 3~5 cm 的碎块,用榨汁机榨汁,果汁得率约为 27%。将所得果汁 6 000 g 离心 20 min,除去肉眼可见悬浮物等杂质,取上清液备用。

### 1.2 试剂

LSA-600 苯乙烯二乙基苯类大孔树脂(西安蓝晓科技新材料股份有限公司),柚皮苷(98% HPLC)、柠檬苦素(98% HPLC)购于上海源叶生物科技有限公司。参照样品: $\alpha$ -蒎烯、 $\beta$ -蒎烯、柠檬烯、月桂烯、里那醇、乙酸辛酯、香芹酮及正构烷烃系列混合样品(C<sub>6</sub>至C<sub>23</sub>)均购自美国 Sigma 公司。

### 1.3 仪器与设备

JYZ-E7 榨汁机(九阳股份有限公司)、MP2002 电子天

收稿日期:2013-07-09

基金项目:江苏省科技支撑计划(编号:BE2012403)。

作者简介:郁 萌(1989—),女,河南鹤壁人,硕士研究生,从事农产品加工研究。Tel:(025) 84391570; E-mail: yumeng0321@126.com。

通信作者:牛丽影,从事农产品加工研究。Tel:(025) 84391570; E-mail: liying\_niu@hotmail.com。

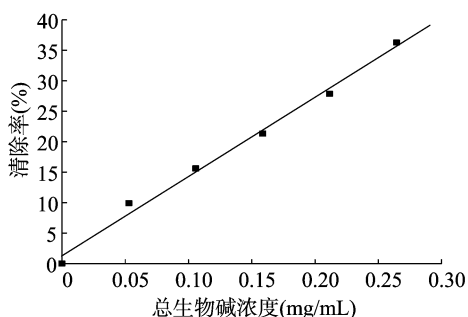


图6 鸡屎藤总生物碱提取液对羟自由基的清除效果

好。鸡屎藤提取液对羟基自由基有一定的清除效果,当总生物碱的浓度为 0.35 mg/mL 时,对 $\cdot\text{OH}$ 的清除率达 46.80%。

## 参考文献:

[1] 马养民,毛 远,傅建熙. 鸡屎藤地上部分化学成分의初步研究

[J]. 陕西林业科技,1997,4(4):1-4.

[2] 戴良富,吴 娇. 黎药鸡屎藤的化学成分及药理活性研究进展[J]. 亚太传统医药,2009,5(2):117-119.

[3] 严 淑,刘宝瑞. 七种天然生物碱抗肿瘤作用研究进展[J]. 现代肿瘤医学,2010,18(6):1227-1230.

[4] 秦贻强,邓俊刚,邓立东. 白饭树总生物碱的提取分离与鉴定[J]. 亚太传统医药,2012,8(7):32-33.

[5] 张师愚,柴士伟,巩长芹,等. 益母草中生物碱的提取与益母草膜剂的制备[J]. 中国中医急症,2007,16(8):980-981.

[6] 莫肖云,黄丽秀,田芳年,等. 超声波提取两面针中的总碱[J]. 中国野生植物资源,2009,28(5):58-59,62.

[7] 杨海涛,李志州. 苦豆子总生物碱提取工艺的优化研究[J]. 中国调味品,2007(10):41-43.

[8] 王如平,石雪萍,张卫明,等. 花椒总生物碱提取条件研究[J]. 食品科学,2008,29(10):273-276.

[9] 陈海光,曾庆孝. 荷叶功能成分的提取及其对自由基清除作用的研究[J]. 食品与发酵工业,2001,10(10):34-38.

平(上海舜宇信息科技有限公司)、PHS-25C pH 计(北京恒奥德科技有限公司)、WAY-2S 阿贝折光仪(上海易测仪器设备有限公司)、SGZ-L/IT 浊度计(上海悦丰仪器仪表有限公司)、WSC-S 测色色差计(上海精密科学仪器有限公司)、722S 分光光度计(上海棱光技术有限公司)、TDL-5A 电动离心机(上海安亭科学仪器厂)、Agilent 7890A/5975C 气相色谱质谱联用仪(美国安捷伦科技公司)、Agilent 1200 型高效液相色谱仪(美国安捷伦科技公司)、Supelco 固相微萃取装置(美国 Supelco 公司)。

1.4 方法

1.4.1 感官评价 将脱苦后的枸橼汁参照橙汁可滴定酸范围(0.3%~1.0%)进行稀释,根据 GB/T 12311—2012《感官分析方法:三点检验》规定的方法对脱苦前后枸橼汁进行感官评价。首先将 3 份样品置于茶色玻璃瓶中并随机编号,1 份为脱苦前的样品,另外 2 份为脱苦后的样品,选取 20 位经过培训的品评员对样品气味、滋味进行评价,然后将样品置于透明玻璃瓶中评价色泽及状态。

1.4.2 脱苦方法 称取 15 g 树脂置于玻璃层析柱中,先用 2 倍树脂体积的质量浓度为 4% 的 NaOH 溶液以 2~3 BV/h (BV:树脂体积)的流速通过树脂,流完后用纯水将树脂洗至 pH 值为 8~9;然后用 2 BV 的质量浓度为 4% 的 HCl 溶液以 2~3 BV/h 的流速通过树脂,流完后用纯水将树脂洗至 pH 值为 7;最后用 2 BV 的乙醇溶液清洗树脂,再用纯水将树脂洗至无乙醇气味。树脂预处理完毕后,将 500 mL 枸橼汁以 1 mL/min 的流速通过树脂,室温下进行吸附试验。树脂吸附饱和后,用纯水置换出树脂内残留果汁,然后用 80 ℃ 体积为 3 BV、质量浓度为 2% 的 NaOH 溶液对树脂进行再生,NaOH 溶液以 2~3 BV/h 的流速通过树脂,碱液过柱完成后,用纯水漂洗树脂至出水 pH 值接近中性。

1.4.3 枸橼汁理化指标的测定 采用 pH 计测定枸橼汁 pH 值,阿贝折光仪测定可溶性固形物含量(brix),采用电导率测定仪测定电导率、采用浊度计测定浊度。将枸橼汁用蒸馏水稀释 10 倍后,过 0.45 μm 的纤维滤膜,在 420 nm 条件下测量吸光度。采用酸碱滴定法测定可滴定酸含量。采用分光光度法测定总酚及总黄酮含量<sup>[3-4]</sup>。采用 HPLC 法测定柚皮苷、柠檬苦素含量<sup>[5-7]</sup>。采用色差计 L\*a\*b\* 表色系统测定色泽参数。以脱苦前枸橼汁为对照,二者之间总色差(ΔE)计算方法见式(1)。总色差在 0<ΔE≤1.5、1.5<ΔE≤3.0、3.0<ΔE≤6.0、ΔE>6.0 范围内时,分别描述为视觉上无法辨别、视觉上可感知差别、视觉上容易辨别、视觉上有显著差别。

$$\Delta E = \sqrt{(L_{\text{样}}^* - L_{\text{标}}^*)^2 + (a_{\text{样}}^* - a_{\text{标}}^*)^2 + (b_{\text{样}}^* - b_{\text{标}}^*)^2}$$
 (1)

式中: $L_{\text{样}}^*$ 、 $a_{\text{样}}^*$ 、 $b_{\text{样}}^*$ 表示样品色差值, $L_{\text{标}}^*$ 、 $a_{\text{标}}^*$ 、 $b_{\text{标}}^*$ 表示陶瓷标准版色差值。

1.4.4 HS-SPME-GC-MS 法测定枸橼果汁挥发性成分 固相微萃取条件:取 5 mL 枸橼果汁置于 15 mL 顶空瓶,添加 2 g NaCl,在 60 ℃ 加热平台上加热平衡 10 min,将萃取针(DVB/CAR/PDMS Stableflex 50/30 μm DVB/CAR/PDMS SPME)插入顶空瓶中,使之距液面 1.5 cm,萃取 20 min,600 r/min 磁力搅拌,解析 5 min。色谱条件:采用 DB-WAX (0.25 mm×60 mm,0.25 μm)毛细管分析柱。程序升温:50~230 ℃,50 ℃ 保留 2 min,以 4 ℃/min 速度升温。质谱条

件:进样口温度 250 ℃,离子源温度 200 ℃,MS 四极杆温度为 150 ℃,质量扫描范围 33~350 amu。通过谱图检索及 RI 值(保留指数)对枸橼果汁成分进行定性分析,依据峰面积进行定量分析。

1.5 数据处理方法

每试验重复 3 次,所得数据均以平均值±标准差形式表示,采用 SPSS 20.0 软件进行单因素方差分析。

2 结果与分析

2.1 枸橼汁脱苦前后感官评价结果

由 20 位鉴评员对 3 份枸橼汁样品进行鉴评,并填写评价表,对收回的 40 张有效评价表进行统计分析。脱苦前后的枸橼汁在色泽、状态、气味、滋味等方面存在显著差异,脱苦后枸橼汁颜色变浅,液体更澄清,气味和滋味由脱苦前的刺激、酸苦变为清新、酸爽。

2.2 枸橼汁脱苦前后物性变化

由表 1 可知,与脱苦前相比,枸橼汁脱苦后 pH 值升高,可溶性固形物含量减少,电导率升高,浊度下降。枸橼汁脱苦后褐变度降低,这与果汁的褐变产生醌类物质以及脱苦前后色泽存在差异有关。脱苦后,枸橼汁 ΔE 值为 11.06,说明脱苦处理前后枸橼汁色泽在视觉上有显著差别。枸橼汁脱苦后电导率升高,可能是由于树脂吸附导电性较弱的低极性组分,导致果汁电阻降低,传导电流能力增加。枸橼汁脱苦后浊度降低说明果汁悬浊状态发生了改变。

表 1 枸橼果汁脱苦前后各项理化指标

参数	脱苦前	脱苦后
pH 值	2.42±0.04	3.18±0.04**
可滴定酸含量(mg/mL)	51.04±0.54	45.31±0.07*
可溶性固形物含量(%)	8.3±0.2	4.7±0.0**
电导率(μS/cm)	2.15±0.10	2.47±0.10*
浊度(NTU)	1 517±0	1 034±1**
褐变度	0.22±0.00	0.16±0.00*
色差 L*	49.76±0.06	57.68±0.04**
a*	2.48±0.71	4.37±0.01**
b*	31.03±0.21	23.55±0.06**
总酚含量(mg/L)	15.59±0.11	2.87±0.10**
总黄酮含量(mg/L)	323.67±0.04	197±0.18**
柚皮苷含量(mg/L)	381.93±0.12	64.97±0.05**
柠檬苦素含量(mg/L)	33.34±0.04	1.35±0.09**

注:“\*\*”表示脱苦后与脱苦前相比差异极显著( $P<0.01$ ),“\*”表示脱苦后与脱苦前相比差异显著( $P<0.05$ )。

2.3 枸橼汁脱苦前后非挥发性成分含量

由表 1 可知,与脱苦前相比,枸橼汁脱苦后可滴定酸含量降低约 11%,本试验所用的树脂为弱极性多聚吸附树脂,是苦味物质的吸附剂,但是对酸性物质吸附能力不强<sup>[8]</sup>。与脱苦前相比,枸橼汁脱苦后总黄酮、总酚含量分别减少了 39.1%、81.6%。与脱苦前相比,枸橼汁脱苦后苦味物质柚皮苷、柠檬苦素的脱除率分别为 83.0%、96.0%。脱苦前枸橼果汁中柚皮苷含量为 381.93 mg/L,较台北柚低很多,但高于琯溪蜜柚。脱苦前枸橼果汁中柠檬苦素含量为 33.34 mg/L,高于市售橙汁<sup>[9]</sup>,经过脱苦,含量降至阈值以下。树脂可有效脱除枸橼汁中的苦味物质,同时脱除了部分色素、黄酮等物

质<sup>[10-12]</sup>。脱苦前总黄酮含量接近橙汁中总黄酮含量范围为 250 ~ 700 mg/L 的标准<sup>[13]</sup>,脱苦后略低于此标准。

2.4 枸橼汁脱苦前后挥发性成分含量变化

由表 2、图 1 可知,脱苦后枸橼果汁检出成分明显减少,脱苦前检出 37 种挥发性成分,脱苦后检出 25 种,不同结构的挥发性成分变化趋势不同。萜烯类化合物脱苦后峰面积为脱苦前的 1.75 倍。醛类化合物、醇类化合物、酯类化合物脱苦后峰面积均减少,分别为处理前的 8.55%、34.88%、6.94%,酮类化合物脱苦后未检出。脱苦后含量增加的成分有  $\alpha$  - 蒎

烯、 $\alpha$  - 水芹烯、 $\alpha$  - 蒎品烯、柠檬烯、 $\beta$  - 水芹烯、 $g$  - 蒎品烯、对 - 伞花炔,主要为单萜烯类物质。脱苦后含量减少的成分有:乙醇、 $\beta$  - 月桂烯、蒎品油烯、3 - 甲基 - 2 - 丁烯 - 1 - 醇、蒎品醇、月桂烯醇、4 - 蒎品醇、里那醇、葑烯、葑醇、 $\beta$  - 蒎品醇、 $\alpha$  - 葑草烯、茨醇、乙酸橙花酯、巴伦西亚橘烯、 $\delta$  - 卡丁烯、紫苏醛、橙花叔醇,主要为单萜烯类氧化产物。二乙烯苯/碳分子筛/聚二甲基硅氧烷共聚物(DVB/CAR/PDMS)被认为是目前最适合检测柑橘类果汁香气成分的萃取纤维头材质<sup>[14]</sup>。由于脱苦前样品的挥发性成分浓度很高,导致测得峰

表 2 枸橼果汁脱苦前后香气成分

编 号	保留时间 (min)	成分	分子式	RI 值	相对含量(%)		绝对峰面积(×10 <sup>5</sup> )		脱苦后与脱苦前 峰面积比值	定性 方法
					脱苦前	脱苦后	脱苦前	脱苦后		
1	8.35	乙醇(ethanol)	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	928	1.15	0.34	22.03	8.02	0.36	MS,RI
2	10.50	$\alpha$ - 蒎烯( $\alpha$ - pinene)	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	1 036	0.36	0.88	6.84	20.66	3.02	S,MS,RI
3	14.41	$\beta$ - 月桂烯( $\beta$ - myrcene)	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	1 152	4.66	4.30	89.30	101.22	1.13	MS,RI
4	14.63	$\alpha$ - 水芹烯( $\alpha$ - phellandrene)	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	1 155	1.30	2.19	25.03	51.56	2.06	MS,RI
5	15.13	$\alpha$ - 蒎品烯( $\alpha$ - terpinene)	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	1 182	1.51	1.82	28.92	42.91	1.48	MS,RI
6	15.86	柠檬烯(limonene)	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	1 205	44.18	56.01	847.42	1 319.00	1.56	S,MS,RI
7	16.19	$\beta$ - 水芹烯( $\beta$ - phellandrene)	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	1 269	1.84	3.49	35.31	82.16	2.33	MS,RI
8	16.42	桉叶油醇(1,8 - cineole)	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	1 271	0.34		6.61		0	MS,RI
9	17.44	$g$ - 蒎品烯( $g$ - terpinene)	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	1 279	1.49	17.94	28.62	422.39	14.76	MS,RI
10	18.32	对 - 伞花炔( $p$ - cymene)	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>	1 284	2.57	3.36	49.23	79.16	1.61	MS,RI
11	18.75	蒎品油烯(terpinolene)	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	1 296	1.67	0.50	31.98	11.84	0.37	MS,RI
12	20.03	3 - 甲基 - 2 - 丁烯 - 1 - 醇(3 - methyl - 2 - buten - 1 - ol)	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O	1 327	0.61	0.09	11.63	2.09	0.18	MS
13	21.06	1 - 己醇(1 - hexanol)	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O	1 360	0.66		12.74		0	MS,RI
14	22.15	顺式 - 3 - 己烯 - 1 - 醇((Z) - 3 - hexen - 1 - ol)	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	1 380	0.13		2.59		0	MS,RI
15	23.94	2,4 - 二甲基苯乙烯(2,4 - dimethyl styrene)	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub>	1 391	0.48		9.12		0	MS
16	24.99	乙酸辛酯(octyl acetate)	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	1 468	0.23		4.50		0	MS,RI
17	25.29	反式 - 3,5 - 庚二烯 - 2 - 酮(3(E), 5(E) - heptadien - 2 - one)	C <sub>7</sub> H <sub>10</sub> O	1 501	1.02		19.65		0	MS
18	26.87	苯甲醛(benzaldehyde)	C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O	1 510	0.80		15.33		0	MS,RI
19	27.17	里那醇(linalool)	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	1 554	0.86	0.47	16.42	11.12	0.68	S,MS,RI
20	27.59	正辛醇(1 - octanol)	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> O	1 580	0.25		4.72		0	MS,RI
21	28.01	葑烯(fenchene)	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	1 615	0.20	0.08	3.80	1.99	0.52	MS
22	28.34	蒎品醇(1 - terpineol)	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	1 624	1.51	0.26	28.98	51.94	1.79	MS,RI
23	28.59	葑醇(fenchyl alcohol)	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	1 627	3.94	0.33	75.62	7.68	0.10	MS,RI
24	29.12	月桂烯醇(myrcenol)	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	1 534	1.40	0.36	26.86		0	MS
25	29.18	4 - 蒎品醇(terpinen - 4 - ol)	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	1 642	2.34	2.21	44.81	51.94	1.16	MS,RI
26	29.97	$\beta$ - 蒎品醇( $\beta$ - terpineol)	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	1 655	5.20	0.16	99.77	78.52	0.79	MS,RI
27	30.73	$\beta$ - 金合欢烯( $\beta$ - farnesene)	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	1 665	0.85		16.31		0	MS,RI
28	31.41	$\alpha$ - 葑草烯( $\alpha$ - humulene)	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	1 680	0.54	0.18	10.30	4.16	0.40	MS,RI
29	32.31	茨醇(borneol)	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub>	1 723	4.12	0.25	79.00	5.84	0.07	MS,RI
30	32.55	乙酸橙花酯(neryl acetate)	C <sub>12</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	1 724	6.07	0.46	116.38	10.75	0.09	MS
31	32.80	巴伦西亚橘烯(valencene)	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	1 726	2.30	0.11	44.21	2.54	0.06	MS,RI
32	33.22	香芹酮(carvone)	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O	1 730	0.66		12.58		0	S,MS,RI
33	33.72	$\delta$ - 卡丁烯( $\delta$ - cadinene)	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	1 760	1.21	0.26	23.16	6.19	0.27	MS,RI
34	34.35	水杨酸甲酯(methyl salicylate)	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	1 798	0.86		16.57		0	MS
35	34.69	紫苏醛(perillaldehyde)	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub> O	1 825	0.59	0.10	11.35	2.28	0.20	MS,RI
36	35.86	甲酸香叶酯(geranyl formate)	C <sub>11</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	1 930	0.92		17.56		0	MS
37	40.68	橙花叔醇(nerolidol)	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O	2 008	1.20	0.11	22.96	2.55	0.11	MS,RI
		总计					1 918.21	2 378.51	1.24	

注:空白表示无此项。

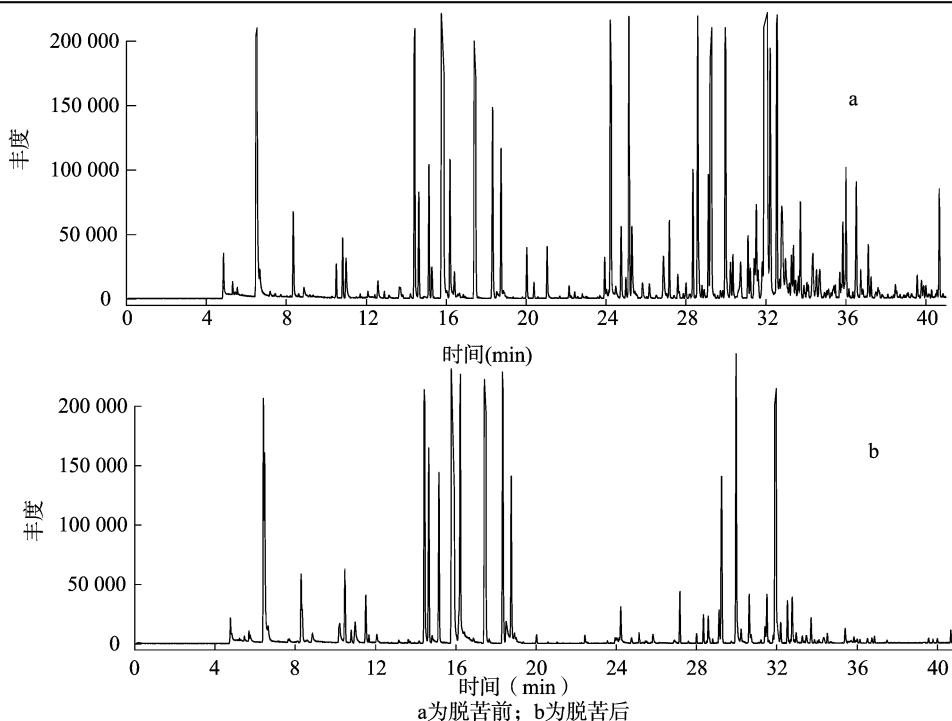


图1 枸橼脱苦前后GC-MS总离子流色谱图

面积与实际顶空浓度并不完全一致。一般而言,单萜类物质虽然是柑橘类果汁挥发性成分中含量最高的,但因其阈值较高,对香气贡献不大,含氧的萜烯类衍生物对香气贡献较大。由于香气物质在不同样品中浓度不同,仅凭某种香气成分含量高低,并不能准确判断其对样品香气贡献大小。本研究发现,脱苦处理导致枸橼汁的挥发性成分及香气均发生了显著变化,但二者之间的关系有待进一步分析。

### 3 结论

本研究表明,树脂法有效脱除了枸橼汁中的苦味物质,脱苦后枸橼汁中的可溶性固形物等理化指标也发生显著变化。同时,树脂也有脱色、脱涩作用,对果汁色泽、挥发性成分组成影响较大,三角感官评价结果显示,脱苦后枸橼果汁外观、气味、滋味都优于脱苦前。

### 参考文献:

- [1]毛淑杰,李先端,顾雪竹,等. 香橼的质量评价标准研究[J]. 中国中医药信息杂志,2008,15(增刊):42-43.
- [2]张菊华,单 扬,李高阳. 柑橘果汁中的类柠檬苦素及其脱苦方法[J]. 食品与机械,2005,21(3):72-75.
- [3]Cai Y, Luo Q, Sun M, et al. Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional chinese medicinal plants associated with anticancer[J]. Life Sciences,2004,74(17):2157-2184.
- [4]何照范,张迪清. 保健食品化学及其检测技术[M]. 北京:中国

轻工业出版社,1998:83.

- [5]朱景宁,毛淑杰,顾雪竹,等. HPLC 测定香橼中柚皮苷的含量[J]. 中国中药杂志,2007,32(3):265-266.
- [6]陈 静,高彦祥,吴伟莉,等. 高效液相色谱法测定柑橘汁中的柠檬苦素和柚皮苷[J]. 色谱,2006,24(2):157-160.
- [7]邢建荣,夏其乐,程绍南,等. 胡柚汁脱苦工艺的研究[J]. 中国食品学报,2009,9(4):130-136.
- [8]高彦祥,陈 静,李绍振,等. 大孔吸附树脂对橙汁的脱苦效率[J]. 食品与发酵工业,2005,31(3):71-74.
- [9]罗水忠,潘利华,姜绍通. 柑橘类果汁中柠檬苦素的含量及其性质研究[J]. 食品研究与开发,2008,29(12):4-7.
- [10]杨 爽,边清泉,王 劲,等. 柚果中柚皮苷含量与果实苦味相关性研究[J]. 四川大学学报:自然科学版,2007,44(5):1138-1140.
- [11]鄢应龙,胡 阳,黄高凌,等. 几种柑橘类果汁中主要苦味物在加工过程中含量变化的研究[J]. 中国食品学报,2008,8(5):104-108.
- [12]孙志高,黄学根,焦必宁,等. 柑桔果实主要苦味成分的分布及橙汁脱苦技术研究[J]. 食品科学,2005,26(6):146-148.
- [13]杨 毅,谢慧明,欧开珍,等. 超滤去除砀山酥梨汁中色素和多酚的研究[J]. 食品科学,2006,27(11):331-335.
- [14]Perez - Cacho P R, Rouseff R L. Fresh squeezed orange juice odor: a review[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition,2008,48(7):681-695.