

余甘子特征香味成分提取及稳定性研究

李 瑞¹ 黄鸿猷¹ 毛 杰¹ 赵文铂¹ 赵铭钦¹ 彭军仓²

(1. 河南农业大学烟草学院, 河南 郑州 450046; 2. 陕西中烟工业有限责任公司技术中心, 陕西 宝鸡 710099)

摘要: [目的] 研究不同产地余甘子提取率影响因素、特征香味成分以及余甘子提取物稳定性。[方法] 以广东、云南、江西和四川 4 个产地的 5 种余甘子作为原料, 采用正交试验考察不同因素对余甘子提取率的影响, 通过气质分析以及相似度计算比较不同产地余甘子提取物的特征香味成分, 并从外观、相对密度、糖度等方面对余甘子提取物的稳定性进行研究。[结果] 不同产地中云南产的干余甘子提取率最高, 且溶剂和料液比两个因素对余甘子提取率有较大影响。气质分析结果表明, 广东产余甘子提取物的特征香味成分包括糠醛、糠醇、吡喃二酮、5-羟甲基糠醛、棕榈酸乙酯等, 云南产余甘子提取物的特征香味成分为 3-甲基-2-糠酸和邻苯二甲酸二丁酯, 且两者相似度仅为 0.943 6。[结论] 5 种余甘子提取物均表现出显著的果甜香韵, 但不同产地不同种类余甘子的特征香味成分差异较大, 且余甘子提取物在一定时间内具有较好的保存和使用稳定性。

关键词: 余甘子; 特征香味成分; 相似度; 气质分析; 香原料稳定性

Extraction of characteristic aroma components from *Phyllanthus emblica* L. and analysis of its stability

LI Rui¹ HUANG Hongyou¹ MAO Jie¹ ZHAO Wenbo¹ ZHAO Mingqin¹ PENG Juncang²

(1. College of Tobacco Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450046, China;
2. Shanxi Tobacco Industry Co., Ltd., Baoji, Shaanxi 710099, China)

Abstract: [Objective] To investigate the factors affecting the extraction rate, characteristic aroma components, and stability of *Phyllanthus emblica* L. extracts from different producing areas. [Methods] Five types of *P. emblica* from four producing areas, including Guangdong, Yunnan, Jiangxi, and Sichuan, were used as raw materials. Orthogonal experiments were conducted to study the effects of various factors on the extraction rate. Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) analysis and similarity calculations were used to compare the characteristic aroma components of *P. emblica* extracts from different producing areas. The stability of the extracts was evaluated based on appearance, relative density, and sugar content. [Results] Among the producing areas, dried *P. emblica* from Yunnan had the highest extraction rate, with solvent and material-to-liquid ratio being the main factors influencing extraction. GC-MS analysis showed that characteristic aroma components of extracts from Guangdong included furfural, furfuralcohol, pyranone, 5-hydroxymethylfurfural, and ethyl palmitate, whereas extracts from Yunnan were characterized by 3-methyl-2-furanic acid and dibutyl phthalate. The similarity between these two extracts was only 0.943 6. [Conclusion] All five *P. emblica* extracts exhibited a prominent fruity-sweet aroma. However, there were significant differences in characteristic aroma components among different producing areas and varieties. The extracts also demonstrated good preservation and usage stability over a certain period.

Keywords: *Phyllanthus emblica* L.; characteristic aroma components; similarity; GC-MS analysis; stability of extracts

余甘子 (*Phyllanthus emblica* L.) 是大戟科叶下珠属亚热带乔木植物, 主要分布于广东、江西、云南、四川等地^[1-3], 因其入口酸涩但很快回甘, 故名“余甘子”。余甘子是一种药食两用水果, 含有丰富的多酚类、黄酮类、蒽类、生物碱、多糖、氨基酸、维生素等多种生物活性物质, 具有清凉热血、生津止咳、消食健胃、抗菌消炎等生理功

基金项目: 陕西中烟科技项目 (编号: 2023610000340221); 河南省研究生联合培养基地项目 (编号: YJS2024JD17)

通信作者: 彭军仓 (1973—), 男, 陕西中烟工业有限责任公司技术中心工程师, 硕士。E-mail: pjcl26@sina.com

收稿日期: 2025-01-10 改回日期: 2025-08-06

引用格式: 李瑞, 黄鸿猷, 毛杰, 等. 余甘子特征香味成分提取及稳定性研究[J]. 食品与机械, 2025, 41(11): 20-27.

Citation: LI Rui, HUANG Hongyou, MAO Jie, et al. Extraction of characteristic aroma components from *Phyllanthus emblica* L. and analysis of its stability[J]. Food & Machinery, 2025, 41(11): 20-27.

能^[4-6]。近年来,有关余甘子的研究主要集中在药理活性物质提取^[7-8]和药效应用上^[9-10],主要研究种类为各种酚酸类物质。Wang等^[11]从余甘子中提取纯化了两种吡咯酸类物质,并证实这两种物质可以减少脂质沉积,增加mRNA表达,从而抑制NO的过量产生。刘晓丽等^[12]通过高效液相色谱法分析了不同产地余甘子茶中多酚含量,其中凉山余甘子茶对DPPH自由基和羟自由基的清除能力较好,且具有一定的肝脂质氧化抑制能力。叶焯等^[13]通过AB-8型大孔树脂得到了余甘子果实精制物,同时研究了精制前后余甘子中酚酸类物质的变化及其对卷烟加香的影响。

作为世界卫生组织指定推广种植的3种药食同源植物之一,已开发一系列与余甘子相关的饮料及保健食品,如余甘子果汁、余甘子果脯等。但是,余甘子作为一种具有“回甘”这一特殊口感的热带水果,将其开发为具有果甜香韵的天然香原料的相关研究很少,赋予其酸甜口感的香味物质基础尤其是挥发性/半挥发性香味物质种类及含量还有待进一步研究。试验拟在优化3种产地5种余甘子提取率的基础上,通过气质图谱、嗅闻以及相似度计算着重考察余甘子提取物的挥发性/半挥发性香味成分及其稳定性,旨在进一步拓宽余甘子在香精香料领域的潜在应用价值。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

无水硫酸镁:分析纯,天津市大茂化学分析厂;

95%乙醇、石油醚、正丁醇、正十一烷:分析纯,河北四友卓越科技有限公司;

甲醇、无水乙醇、乙酸乙酯:色谱纯,天津市富宇精细化工有限公司;

余甘子:广东、云南、江西、四川产的晒干余甘子以及广东产新鲜余甘子,其中新鲜余甘子用余甘子(鲜)表示,干果则经粉碎,过40目筛后制成粉末,鲜果则去核、剪碎制成果浆;

集热式恒温加热磁力搅拌器:BF-101S型,河南予华仪器有限公司;

套式恒温加热器:YH系列型,江苏建湖县近湖镇教学仪器厂;

电子天平:BSM-220.4型,上海卓精电子科技有限公司;

旋转蒸发器:N-1100D-WD型,日本东京理化器械株式会社;

多功能智能数显折光仪:滴叶Pro型,深圳市流数科技有限公司;

气质联用仪:7890A/5975C型,美国Agilent公司;

电热恒温水浴锅:DZKW-4型,北京中兴伟业世纪仪器有限公司;

超声波清洗机:SYU-10-300DT型,郑州生元仪器有

限公司;

自动密度仪:WMD-350型,上海仪电物理光学仪器有限公司;

精油纯露机:TX22-20型,成都海卓兰生物科技公司。

1.2 试验方法

1.2.1 余甘子香原料制备 称取5g粉碎后的不同产地的余甘子,按不同料液比[1:10, 1:15, 1:20, 1:25, 1:30 (g/mL)]加入5种不同的浸取液(水、50%乙醇、75%乙醇、95%乙醇、乙酸乙酯),50 kHz超声浸提30 min,其间用玻璃棒间歇搅拌,然后转移至不同温度(50, 60, 70, 80, 90 °C)的恒温水浴锅中,加热回流不同时间(1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 h)后过滤,减压浓缩并冷冻干燥得到余甘子提取物,并按式(1)计算提取率。

$$c = \frac{m_1}{m_2} \times 100\%, \quad (1)$$

式中:

c ——提取率,%;

m_1 ——余甘子提取物的质量,g;

m_2 ——余甘子原料的质量,g。

1.2.2 正交试验 以萃取溶剂、料液比、萃取温度和萃取时间为因素,结合单因素试验结果设计四因素三水平正交试验,优化余甘子特征香味成分提取工艺。

1.2.3 余甘子特征香味成分分析 根据文献[14]并修改。取0.1 g浓缩后的余甘子提取液溶于1 mL甲醇中,加入一定量正十一烷作为内标物,经0.22 μm有机相滤膜过滤,进行GC-MS分析。

(1) 气相色谱条件:HP-5MS熔融石英毛细管柱(30 m×250 μm×0.25 μm);进样口温度300 °C;进样量1 μL;载气为高纯氮气(纯度99.999 9%);流速1 mL/min;分流比50:1;升温程序:初始温度50 °C,以5 °C/min升温到200 °C,保持1 min,以20 °C/min升温到270 °C,保持2 min;溶剂延迟3.5 min。

(2) 质谱条件:电子轰击离子源,离子源温度250 °C,电离能量70 eV,传输线温度200 °C,质谱扫描范围30~400 amu。

(3) 定量分析:以正十一烷为内标,采用内标法按式(2)计算余甘子中香味物质含量。

$$m_i = \frac{A_i \times m_s \times f'}{A_s \times W}, \quad (2)$$

式中:

m_i ——余甘子提取物中香味物质含量,μg/g;

A_i ——气相色谱图中香味物质峰面积;

m_s ——内标物质质量,μg;

A_s ——内标物在气相色谱图中的峰面积;

f' ——相对校正因子;

W ——待分析的余甘子提取物质量,g。

1.2.4 余甘子提取物嗅香评价 参照文献[15],用50%丙二醇溶液分别将5种产地余甘子提取物溶解为5%的香

料溶液,组织 10 名省级评吸委员,按照 YC/T 145.6—1998 的方法对其进行嗅香描述性评价。

1.2.5 相似度计算 根据文献[16—17]并修改。采用向量夹角余弦法按式(3)计算相似度。 $\cos \theta$ 越接近 1 则说明两个向量越相似。

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n a_i b_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n a_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n b_i^2}}, \quad (3)$$

式中:

R ——相似度;

a_i ——一个指纹图谱中第 i 个峰的面积值;

b_i ——另一个指纹图谱中第 i 个峰的面积值。

1.2.6 余甘子香味物质 OAV 计算 根据文献[18]并修改。查阅余甘子提取物香味成分阈值,结合香味成分在余甘子提取物中的含量,按式(4)计算香气成分的香气活性值(OAV 值)。

$$O_{AV} = \frac{m_1}{m_2}, \quad (4)$$

式中:

O_{AV} ——OAV 值;

m_1 ——香气成分的含量, $\mu\text{g/g}$;

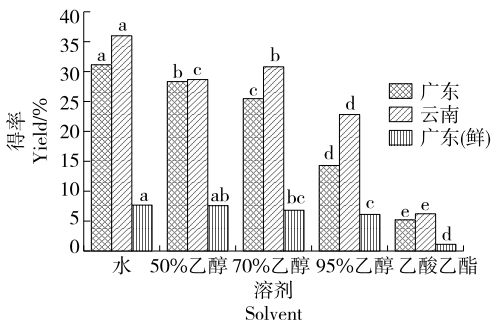
m_2 ——香气成分的阈值, $\mu\text{g/g}$ 。

1.2.7 数据处理 定性分析采用气质工作站 NIST14 和 Wiley 谱图检索,以匹配度 $>85\%$ 定性,并与文献资料中图谱解析结果进行比较。单因素试验重复 3 次,采用 Origin8、Excel2020、SPSS 等软件进行柱状图以及显著性分析($P < 0.05$ 表示有统计学差异)。

2 结果与分析

2.1 单因素试验

2.1.1 溶剂对余甘子提取率的影响 由图 1 可知,两种产地的 3 种余甘子在萃取溶剂为水时提取率最高,乙酸乙酯的提取率最低;不同萃取溶剂所得提取率之间有显著差异且总提取率随着水分含量的增加而增加,这是因为水



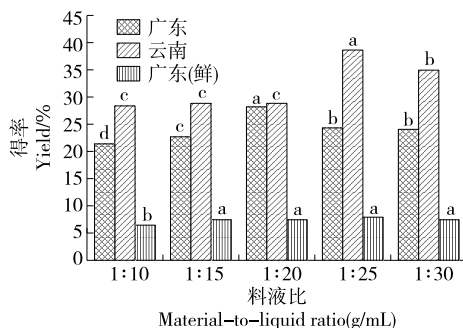
字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)

图 1 溶剂对 3 种余甘子提取率的影响

Figure 1 Effect of different solvents on the extract yield of *Phyllanthus emblica* L.

更易溶解余甘子中的黄酮类、酚酸类等物质。这与叶焯等^[13]的结论一致。此外,云南产余甘子提取率较广东产余甘子的高,这与余甘子本身的生长环境、品种等因素有关,与李晓强等^[19]的结果一致。

2.1.2 料液比对余甘子提取率的影响 由图 2 可知,不同料液比下,余甘子提取率随着料液比的增大呈先增加后减小趋势,云南普洱和广东潮汕鲜果的提取率在料液比为 1:25 (g/mL) 时最大,而广东潮汕干果在料液比为 1:20 (g/mL) 时最高。这主要与适度的液料比有助于提高目标成分在溶剂中的扩散速度有关,与夏念桐等^[20]的研究结果相近。

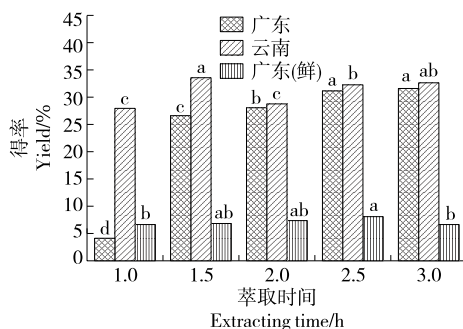


字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)

图 2 料液比对 3 种余甘子提取率的影响

Figure 2 Effect of different material-to-liquid ratios on the extract yield of *Phyllanthus emblica* L.

2.1.3 萃取时间对余甘子提取率的影响 由图 3 可知,不同萃取时间下,余甘子提取率随着萃取时间的增加呈先升高后略微下降趋势,广东潮汕的干果和鲜果在 2.5 h 时提取率最高,云南普洱的余甘子在 1.5 h 时提取率最高;3 种产地的余甘子均在萃取时间为 1 h 时提取率最低,可能是萃取时间过短,余甘子中的成分未被完全萃取出,其提取率偏低,随着萃取时间的延长,余甘子果实中的有机物质被充分浸取,产物提取率逐渐升高。萃取时间过长,溶液中的乙醇挥发,部分有机物质被分解或氧化,产物提



字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)

图 3 萃取时间对 3 种余甘子提取率的影响

Figure 3 Effect of different extract durations on the extract yield of *Phyllanthus emblica* L.

取率下降^[21]。因此,余甘子萃取时间不宜过长,在2.0~2.5 h为宜。

2.1.4 加热温度对余甘子提取率的影响 由图4可知,不同加热温度下,余甘子提取率随着加热温度的升高呈先增大后略微减小趋势。广东潮汕干果与云南普洱余甘子在加热温度为70℃时提取率最高,广东潮汕的鲜果在90℃下提取率最高;3种余甘子均在50℃时提取率最低。原因可能是加热温度低时,余甘子中的有机物质成分流动性低,不能充分为溶液萃取出来,随着加热温度的不断升高,分子运动速率加快,溶剂和余甘子内物质充分接触,产物提取率升高,但加热温度过高,余甘子中的部分有机物质如多酚类和没食子酸等分解,产物提取率降低。这与吴佳欣等^[22]的研究相一致。因此,当加热温度为70℃时,余甘子提取率最佳。

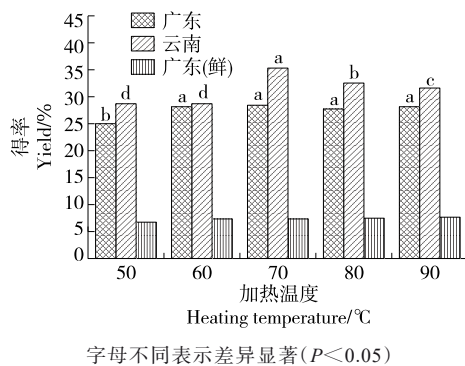


图4 加热温度对3种余甘子提取率的影响

Figure 4 Effect of different temperatures on the extract yield of *Phyllanthus emblica* L.

2.2 正交试验

根据单因素试验结果,以广东产余甘子为例,进行四因素三水平正交试验。正交试验因素水平见表1,正交试验设计及结果见表2。各因素对余甘子提取率的影响次序依次为料液比>溶剂>加热温度>萃取时间,溶剂和料液比对余甘子提取率的影响远大于加热温度和萃取时间,说明在余甘子提取中要着重注意提取溶剂的选择以及料液比的设置。广东潮汕余甘子提取率的最佳组合为A₁B₃C₃D₂,即萃取溶剂为水、料液比为1:25(g/mL)、萃取时间为3 h、加热温度为90℃时,提取率最高为36.6%。

表1 正交试验因素水平表

水平	A 溶剂	B 料液比 (g/mL)	C 萃取时间/h	D 加热温度/℃
1	水	1:15	2.0	70
2	70% 乙醇	1:20	2.5	80
3	50% 乙醇	1:25	3.0	90

表2 广东潮汕余甘子正交试验结果表

Table 2 Orthogonal experiment results of *Phyllanthus emblica* L. from Chaozhou-Shantou region in Guangdong Province

试验号	A	B	C	D	提取率/%
1	1	1	1	1	28.4
2	1	2	2	2	33.6
3	1	3	3	3	36.6
4	2	1	2	3	24.4
5	2	2	3	1	26.4
6	2	3	1	2	30.2
7	3	1	3	2	26.4
8	3	2	1	3	28.6
9	3	3	2	1	30.2
k_1	32.9	26.4	29.1	28.3	
k_2	27.0	29.5	29.4	30.1	
k_3	28.4	32.3	29.8	29.9	
R	5.87	5.93	0.73	1.73	

2.3 余甘子香原料的理化性质

由表3可知,不同产地余甘子的外观、相对密度以及折光指数差异不大,且以枣香、蜜香为主要嗅香特征。不同产地余甘子的挥发性总量和含糖量有较大差别,主要表现为广东和四川产的余甘子中含糖量和挥发性总量总体高于江西和云南产余甘子,这也进一步说明了产地、品种、栽培方式等均会影响余甘子中的物质组成^[19]。

2.4 余甘子香原料香味成分分析

由表4和图5可知,不同产地的余甘子中香味物质种类具有较大差别。广东产余甘子中共检出13种物质,其中具有香味的物质有糠醛、糠醇、吡喃二酮、5-羟甲基糠醛、棕榈酸乙酯等,赋予余甘子香原料果甜香味^[23-24]。除

表3 5种余甘子的理化性质

Table 3 Physicochemical properties of five *Phyllanthus emblica* L. extracts

名称	外观色泽	相对密度/(g·cm ⁻³)	折光指数	嗅香特征	挥发性总量/%	含糖量/%
广东余甘子	黑褐色黏稠液体	1.131 0	1.393 4	枣香、蜜香	85.00	36.35
四川余甘子	黑褐色黏稠液体	1.239 9	1.426 3	清甜枣香	55.00	52.35
江西余甘子	黑褐色浑浊液体	1.134 0	1.405 3	枣香	35.00	12.80
云南余甘子	黑褐色浑浊液体	1.050 0	1.352 6	甜香、枣香	10.00	13.10
广东余甘子(鲜)	黑褐色澄清液体	1.017 6	1.366 6	枣香、蜜甜香	12.90	21.70

表 4 余甘子提取物香味成分[†]
Table 4 Characteristic aroma components of *Phyllanthus emblica* L. extracts

化合物	阈值/ ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	保留时 间/min	广东(乙酸乙酯)		云南(乙酸乙酯)		江西(乙酸乙酯)		四川(乙 酸乙酯)	广东(乙 酸乙酯)	广东 (石油醚)	香味特征
			含量/($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	OAV 值 ^b	含量/($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	OAV 值 ^b	含量/($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	OAV 值 ^b				
糠醛	3	3.975	11.13±1.22	3.71	- ^a	-	-	-	-	-	-	杏仁味
糠醇	2	10.180	14.11±0.83	7.06	-	-	-	-	-	-	-	面包香味
2,5-二甲基呋喃		10.210	-	-	-	-	1.56±0.12	-	-	-	-	木质、焦糖样香
3-甲基-2-糠酸		17.966	-	-	28.22±2.31	-	-	-	18.58±1.01	0.71±0.11	-	果香味
吡嗪类												
川芎嗪	2.5	4.317	-	-	-	-	0.12±0.09	0.05	-	-	-	牛奶巧克力味
2 <i>H</i> -吡喃-2,6(3 <i>H</i>)-二酮		7.332	57.61±1.54	-	-	-	-	-	44.42±1.31	-	-	果香、花卉香
2 <i>H</i> -吡喃-2-酮		10.225	-	-	-	-	1.83±0.23	-	-	-	-	果香
酮类												
2-乙基-5-丙基环戊酮		7.146	16.02±0.78	-	-	-	180.43±5.31	-	-	-	-	花果香
5-羟甲基糠醛	1 000	14.172	1.89±0.21	0.002	-	-	29.98±1.45	0.03	0.04±0.01	-	-	甘菊花香味
酚类												
邻苯三酚	2	17.760	361.72±5.41	180.86	462.35±8.42	231.17	441.24±7.74	220.62	905.22±9.35	6.76±0.51	-	-
马来酸酐		4.260	5.72±0.88	-	-	-	0.78±0.11	-	-	-	-	-
柠檬酸酐		6.070	0.025±0.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5-氧代四氢呋喃-2-甲酸甲酯		12.187	-	-	-	-	0.11±0.02	-	-	-	-	果香、花香
丙位庚内酯		12.199	-	-	-	-	0.32±0.11	-	-	-	-	奶油、椰子、坚果样香
邻苯二甲酸二丁酯		30.296	15.1±1.22	-	5.84±0.56	-	13.28±1.11	9.02±0.92	11.55±1.32	30.3±2.14	30.3±2.14	芳香气
棕榈酸乙酯		30.927	3.31±0.65	-	-	-	-	-	-	-	2.32±0.44	果香、奶油香
亚油酸乙酯		33.231	-	-	-	-	-	-	-	-	5.89±0.82	淡淡植物油清香
十八酸乙酯		33.516	-	-	-	-	-	-	-	-	1.24±0.23	淡雅蜡香气味
苯酐		15.670	26.22±1.89	-	6.88±0.52	-	11.92±1.46	-	4.17±0.73	-	-	-
1-甲氧基-2-[1-(4-甲氧基苯基)-1- 甲基乙基]苯		16.620	0.59±0.15	-	-	-	-	-	-	-	-	花香、草本香
肉桂酸	5	18.833	-	-	-	-	64.91±3.46	12.98	-	-	-	桂皮味轻柔香
3,4,5-三甲氧基甲苯		25.274	-	-	-	-	1.32±0.58	-	-	-	-	茶味沉香
亚油酸		32.957	-	-	-	-	-	-	-	-	4.02±0.71	淡油香味
α -亚麻酸		33.026	-	-	-	-	-	-	-	-	26.12±1.55	轻微坚果香
油酸酰胺		34.782	4.28±0.62	-	-	-	-	-	-	-	-	轻微油脂香味

[†] a 表示未检测到该物质;b 表示根据文献报道的物质阈值计算出的OAV 值。

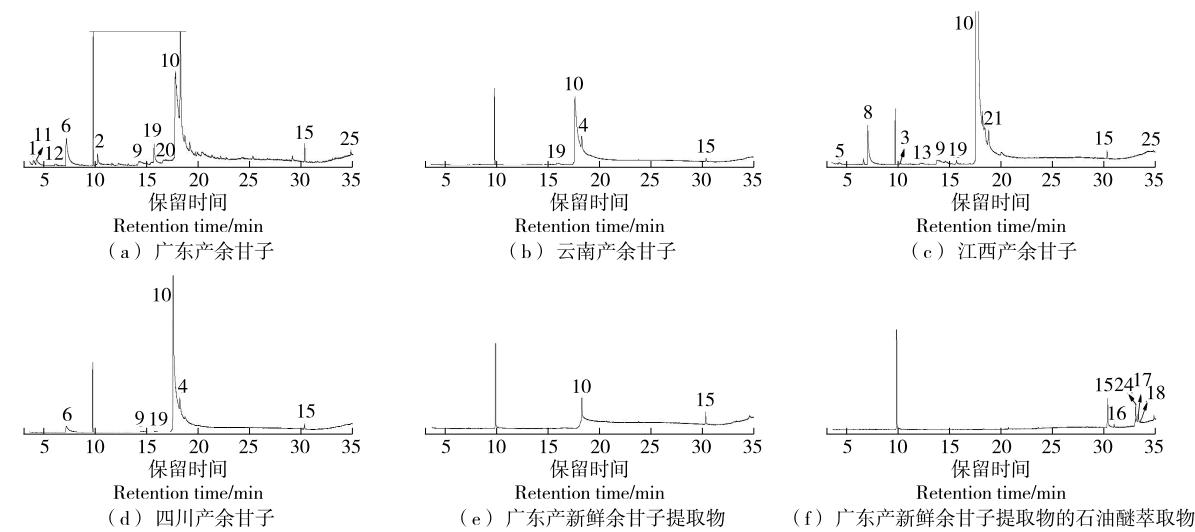


图5 4种产地5种余甘子的气质图谱

Figure 5 GC-MS spectra of five *Phyllanthus emblica* L. extracts

香味物质外,含量较高的物质为多酚类物质,即邻苯三酚,这种物质很可能是余甘子中高分子多酚类物质高温降解产生的。刘晓丽等^[12,25]研究表明,余甘子中多酚含量占比高达20%,且含量较高的多酚物质有没食子酸、柯里拉京以及鞣花酸等,这些物质均具有较大的相对分子质量及较高的沸点,气质分析较难检测出,但可以在气质测试的高温条件下发生裂解,因此检测出了较多的小分子邻苯三酚。相比而言,云南产余甘子中仅检出4种物质,其中3-甲基-2-糠酸可赋予提取物明显的果香味,邻苯二甲酸二丁酯则具有芳香气味^[26];经乙酸乙酯提取的广东产鲜余甘子中仅检出3种主要的有机物质,且含量均明显小于干余甘子的,这可能与鲜果中干物质含量少有关,也与单因素试验中提取量少的结论一致。用石油醚提取广东产鲜余甘子提取物时,检出的挥发性有机物质则与乙酸乙酯提取的有较大不同,这些挥发性成分主要为亚油酸、亚麻酸等酸类物质以及棕榈酸乙酯、亚油酸乙酯等酯类物质,说明有机萃取剂的不同也对提取物中挥发性物质的检出有较大影响。此外,江西产余甘子中共检出13种香味物质,与广东产余甘子检出的香味物质数量相当,但物质含量相差较大;而四川产余甘子中仅检出6种香味物质,与云南产余甘子检出香味物质数量相当,利用

夹角余弦法对建立的4种产地气质指纹图谱进行比较并计算相似度,结果见表5。由表5可知,广东产与江西产余甘子的相似度较高,为0.948 7,而广东产与云南产和四川产的相似度较低,分别为0.947 2和0.943 6。

表5 4种产地余甘子的相似度				
Table 5 Similarity of four <i>Phyllanthus emblica</i> L. extracts				
名称	广东产余甘子	江西产余甘子	四川产余甘子	云南产余甘子
广东产余甘子	1.000 0			
江西产余甘子	0.948 7	1.000 0		
四川产余甘子	0.947 2	0.999 3	1.000 0	
云南产余甘子	0.943 6	0.997 9	0.999 3	1.000 0

此外,查阅文献^[27-28]可确定部分香味物质的阈值,并由此计算出不同产地余甘子中主要香味物质的香味活性值(OAV)。结果表明,糠醛、糠醇物质的OAV值均>1,可作为余甘子香原料的关键致香物质。

2.5 余甘子香原料的稳定性

对四川产余甘子理化性质随时间、温湿度的变化进行研究,结果见表6~表8。在不同时间点(0~90 d)和不同环境条件下(25℃、5℃、60%相对湿度、40%相对湿度,

表6 四川产余甘子香原料的贮藏时间稳定性

Table 6 Storage duration stability of *Phyllanthus emblica* L. extracts from Sichuan

贮藏时间/d	外观性状	相对密度/(g·mL ⁻¹)	糖度/%	嗅香特征	挥发性总量/%
0	黑褐色黏稠液体	1.239 9±0.012 2	52.95±0.15	清甜枣香	55.00±0.78
15	黑褐色黏稠液体	1.240 0±0.014 1	52.85±0.21	清甜枣香	54.95±0.93
30	黑褐色黏稠液体	1.242 1±0.013 2	52.73±0.11	清甜枣香	54.85±0.68
60	黑褐色黏稠液体	1.243 3±0.012 4	52.61±0.14	清甜枣香	54.73±0.85
90	黑褐色黏稠液体	1.245 7±0.011 6	52.52±0.22	清甜枣香	54.62±0.79

表 7 四川产余甘子香原料的贮藏温度稳定性

Table 7 Storage temperature stability of *Phyllanthus emblica* L. extracts from Sichuan

贮藏温度/℃	外观性状	相对密度/(g·mL ⁻¹)	糖度/%	嗅香特征	挥发性总量/%
5	黑褐色黏稠液体	1.242 5±0.011 1	52.69±0.14	清甜枣香	54.81±0.68
25	黑褐色黏稠液体	1.242 1±0.013 6	52.73±0.19	清甜枣香	54.85±0.89

表 8 四川产余甘子香原料的贮藏相对湿度稳定性

Table 8 Storage relative humidity stability of *Phyllanthus emblica* L. extracts from Sichuan

贮藏相对湿度/%	外观性状	相对密度/(g·mL ⁻¹)	糖度/%	嗅香特征	挥发性总量/%
40	黑褐色黏稠液体	1.243 0±0.011 7	52.71±0.23	清甜枣香	54.84±0.69
60	黑褐色黏稠液体	1.242 1±0.013 4	52.73±0.13	清甜枣香	54.85±0.77

30 d),余甘子香原料的外观、密度、糖度、嗅香特征以及挥发性总量在测试期间均未发生显著变化,外观上为黑褐色黏稠液体,嗅香特征为清甜枣香,基本上保持一致不随时间发生变化。相对密度、糖度、挥发性总量随时间和温湿度有微小变化,最大浮动率分别为 0.46%,0.81%,0.69%,表明余甘子香原料在一定时间内具有较好的保存和使用稳定性,而其稳定性也有赖于其中含有的具有较强抗氧化性的酚酸类物质^[29]。

3 结论

选取 4 种产地的 5 种余甘子作为研究对象,考察了提取余甘子香原料的影响因素、余甘子香原料的特征香味成分以及香原料的稳定性。结果表明,影响余甘子香原料提取的两个重要因素为溶剂和料液比,最大提取效率为 36.6%。5 种余甘子的外观和嗅香特征区别不大,均具有较突出的果甜香韵。气质分析结果表明,5 种余甘子的特征香味成分有较大区别,其中广东产和江西产干余甘子之间的相似度较高,检测出的特征香味成分有糠醛、糠醇、吡喃二酮、5-羟甲基糠醛、棕榈酸乙酯等;而云南产和四川产余甘子较为相似,具有 3-甲基-2-糠酸、邻苯二甲酸二丁酯等特征香味成分。新鲜余甘子香原料的香味成分与干余甘子成分也有较大差别,且随着萃取溶剂的不同而发生变化。稳定性试验结果表明,余甘子香原料外观、密度、糖度、嗅香特征以及挥发性总量等理化性质在 90 d 内基本保持稳定。有关不同产地余甘子香原料指纹图谱的构建、在饮料等食品中的加香应用及新产品开发有待进一步研究。

参考文献

[1] 李雪冬,潘烨华,田雨闪,等. 余甘子的本草考证及其现代研究中若干问题的探讨[J]. 中草药, 2022, 53(18): 5 873-5 883.
LI X D, PAN Y H, TIAN Y S, et al. Herbal textual and key problems in modern research of *Phyllanthus emblica*[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2022, 53(18): 5 873-5 883.
[2] 杨婉媛,陈晓维,刘杜娟,等. 余甘子的生物活性及加工研究进展[J]. 广东农业科学, 2022, 49(7): 120-130.

YANG W Y, CHEN X W, LIU D J, et al. Research progress in biological activity and processing of *Phyllanthus emblica*[J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2022, 49(7): 120-130.
[3] 唐春红,陈冬梅,陈岗,等. 余甘子果实提取物活性成分分离及结构鉴定[J]. 食品科学, 2009, 30(9): 103-108.
TANG C H, CHEN D M, CHEN G, et al. Isolation and structural identification of antibacterial components from *Phyllanthus emblica* L.[J]. Food Science, 2009, 30(9): 103-108.
[4] 刘晓晖,吕乔,吉雄,等. 余甘子化学成分研究[J]. 中成药, 2023, 45(2): 458-462.
LIU X H, LÜ Q, JI X, et al. Chemical constituents from *Phyllanthus emblica*[J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2023, 45(2): 458-462.
[5] 张沐棠,陈少虹,程子贤,等. 余甘子的回甘风味研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2023, 49(6): 324-331.
ZHANG M T, CHEN S H, CHENG Z X, et al. Research development of the back sweet flavour of *Phyllanthus emblica* L.[J]. Food and Fermentation Industries, 2023, 49(6): 324-331.
[6] 兰杨,姜红,张仕瑾,等. 余甘子化学成分、药理活性及质量控制提升的研究进展[J]. 中国药业, 2020, 29(7): 156-159.
LAN Y, JIANG H, ZHANG S J, et al. Research progress on chemical constituents, pharmacological activities and quality control of *Phyllanthus emblica*[J]. China Pharmaceuticals, 2020, 29(7): 156-159.
[7] YANG F, YASEEN A, CHEN B, et al. Chemical constituents from the fruits of *Phyllanthus emblica* L[J]. Biochemical Systematics and Ecology, 2020, 92: 104122.
[8] GUL M, LIU Z W, IAHTISHAM-UL-HAQ, et al. Functional and nutraceutical significance of amla (*Phyllanthus emblica* L.): a review[J]. Antioxidants, 2022, 11(5): 816.
[9] 陈静梅,郝二伟,杜正彩,等. 基于化学成分、药理作用和网络药理学的余甘子质量标志物(Q-Marker)预测分析[J]. 中草药, 2022, 53(5): 1 570-1 586.
CHEN J M, HAO E W, DU Z C, et al. Predictive analysis on quality marker of *Phyllanthus emblica* based on chemical composition, pharmacological effects and network pharmacology[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2022, 53(5): 1 570-1 586.
[10] AHMAD B, HAFEEZ N, RAUF A, et al. *Phyllanthus emblica*:

- a comprehensive review of its therapeutic benefits[J]. South African Journal of Botany, 2021, 138: 278-310.
- [11] WANG S H, GUO C, CUI W J, et al. Two pyrrole acids isolated from *Phyllanthus emblica* L. and their bioactivities[J]. Natural Products and Bioprospecting, 2023, 13(1): 26.
- [12] 刘晓丽, 杨冰鑫, 陈柳青, 等. HPLC测定余甘子茶中3种多酚成分及抗氧化活性研究[J]. 食品工业科技, 2020, 41(13): 315-320, 327.
- LIU X L, YANG B X, CHEN L Q, et al. Determination of three polyphenol components in *Phyllanthus emblica* L. tea by high performance liquid chromatography and their antioxidant activity[J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(13): 315-320, 327.
- [13] 叶焯, 李东亮, 耿宗泽, 等. 基于AB-8大孔吸附树脂制备余甘子果实精制物及其在卷烟中的应用[J]. 烟草科技, 2021, 54(2): 52-57.
- YE Y, LI D L, GENG Z Z, et al. Preparation and refinement of *Phyllanthus emblica* extract on macroporous resins and its application to cigarettes[J]. Tobacco Science & Technology, 2021, 54(2): 52-57.
- [14] LI R, YANG J C, YIN X Q, et al. Thermal pyrolysis of two synthesized Amadori derivatives prepared by protecting the active groups[J]. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 2024, 177: 106351.
- [15] 杨金初, 孙世豪, 胡军, 等. 以天然植物水提取物为美拉德反应原料制备天然香料[J]. 烟草科技, 2017, 50(12): 44-54.
- YANG J C, SUN S H, HU J, et al. Natural flavor preparation via Maillard reaction of plant water extracts[J]. Tobacco Science & Technology, 2017, 50(12): 44-54.
- [16] 龙小妹, 李蓉, 郭爽, 等. 余甘子鲜果不同部位中7种有效成分的含量比较[J]. 医药导报, 2024, 43(5): 785-790.
- LONG X M, LI R, GUO S, et al. Comparison of the content of seven active ingredients in different parts of the fresh fruit of *Phyllanthus emblica*[J]. Herald of Medicine, 2024, 43(5): 785-790.
- [17] DENBAUM E, ALTERN S H, VECCHIARELLO N, et al. A batch screening technique for the calculation of chromatographic separability[J]. Journal of Chromatography A, 2024, 1732: 465170.
- [18] 马宇平, 席高磊, 赵志伟, 等. 香气活性值用于许昌、郴州和潍坊烤烟香气差异分析[J]. 烟草科技, 2020, 53(5): 63-70.
- MA Y P, XI G L, ZHAO Z W, et al. Analysis of aroma differences of flue-cured tobacco leaves from Xuchang, Chenzhou and Weifang based on aroma activity values[J]. Tobacco Science & Technology, 2020, 53(5): 63-70.
- [19] 李晓强, 胡坤, 龚玉石, 等. 不同产地、不同提取方法对余甘子多酚含量及抗氧化活性的影响[J]. 食品工业科技, 2023, 44(2): 317-323.
- LI X Q, HU K, GONG Y S, et al. Effects of different producing areas and extraction methods of polyphenols from *Phyllanthus emblica* L. [J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(2): 317-323.
- [20] 夏念桐, 路娟, 李书洋, 等. 响应面法优化余甘子中多酚快速提取工艺[J]. 食品工业, 2024, 45(4): 127-131.
- XIA N T, LU J, LI S Y, et al. Optimization on the rapid extraction process of polyphenols from *Phyllanthus emblica* L. by response surface method[J]. The Food Industry, 2024, 45(4): 127-131.
- [21] ZHANG G W, HU M M, HE L, et al. Optimization of microwave-assisted enzymatic extraction of polyphenols from waste peanut shells and evaluation of its antioxidant and antibacterial activities *in vitro*[J]. Food and Bioprocess Processing, 2013, 91(2): 158-168.
- [22] 吴佳欣, 周波, 邓萌萌, 等. 加热时间对余甘子水煎液中没食子酸的影响[J]. 中成药, 2020, 42(3): 702-708.
- WU J X, ZHOU B, DENG M M, et al. Effects of heating time on gallic acid in the aqueous decoction of *Phyllanthus emblica* [J]. Chinese Traditional Patent Medicine, 2020, 42(3): 702-708.
- [23] GUO X Y, HO C T, SCHWAB W, et al. Effect of the roasting degree on flavor quality of large-leaf yellow tea[J]. Food Chemistry, 2021, 347: 129016.
- [24] DU J Y, LI Y M, XU J C, et al. Characterization of key odorants in Langyatai Baijiu with Jian flavour by sensory-directed analysis[J]. Food Chemistry, 2021, 352: 129363.
- [25] 元旗, 崔雅萍, 梁文仪, 等. 多指标正交试验法优选余甘子总酚提取工艺[J]. 世界科学技术—中医药现代化, 2017, 19(9): 1544-1548.
- QI Q, CUI Y P, LIANG W Y, et al. Optimum extraction technology of total polyphenol from *Phyllanthus emblica* via multi-target orthogonal design[J]. Modernization of Traditional Chinese Medicine and Materia Medica-World Science and Technology, 2017, 19(9): 1544-1548.
- [26] 林翔云. 香料香精辞典[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007: 188, 235.
- LIN X Y. Dictionary of flavor & fragrance[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2007: 188, 235.
- [27] ZHU J C, XIAO Z B. Characterization of the major odor-active compounds in dry jujube cultivars by application of gas chromatography-olfactometry and odor activity value[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2018, 66(29): 7722-7734.
- [28] ZHU J C, WANG L Y, XIAO Z B, et al. Characterization of the key aroma compounds in mulberry fruits by application of gas chromatography-olfactometry (GC-O), odor activity value (OAV), gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) and flame photometric detection (FPD)[J]. Food Chemistry, 2018, 245: 775-785.
- [29] 赵爱秀, 邓泽元. 亚麻籽油中酚类物质对亚麻籽油氧化稳定性的影响[J]. 食品科技, 2024, 49(8): 185-191.
- ZHAO A X, DENG Z Y. Effect of phenolic compounds in flaxseed oil on oxidative stability of flaxseed oil[J]. Food Science and Technology, 2024, 49(8): 185-191.