

# 基于电子舌技术的滇橄榄汁滋味品质评价

李瑞婷<sup>1,2</sup>, 单林鲜<sup>1</sup>, 倪庆<sup>1</sup>, 张慧琼<sup>1</sup>, 白娴<sup>1</sup>, 曾文<sup>3</sup>, 姜燕<sup>1\*</sup>

(1. 大理大学公共卫生学院, 云南大理 671000) (2. 川北医学院麻醉学系, 四川南充 637000)

(3. 云南树翡翠农林科技有限公司, 云南宾川 671600)

**摘要:** 滇橄榄汁营养丰富, 风味独特, 具有一定的医疗保健价值。该研究测定 3 种自制滇橄榄原汁、自制复合滇橄榄汁及 3 种市售橄榄饮料共 7 种样品的部分营养成分, 并进行感官评价; 同时利用电子舌技术分析 7 种样品的滋味特征, 将所得数据进行主成分分析 (principal component analysis, PCA) 和聚类分析。结果表明: 7 种橄榄汁总糖、总酸、抗坏血酸和多酚含量及感官评分有显著差异 ( $p < 0.05$ ), 野生滇橄榄原汁多酚含量最高; 自制复合滇橄榄汁感官评分最高, 为 88.20 分。PCA 分析从 7 种样品中共筛选出 24 个共有成分, 经主成分分析概括为 2 个主成分, 包含源信息量的 84.85%; 聚类分析可将 7 种样品分成 4 大类; 主成分分析与感官评分结果相一致, 聚类分析与感官评分结果基本一致, 表明电子舌能够辨识不同橄榄汁的滋味品质。结论: 3 种滇橄榄中野生滇橄榄更适合于研发保健食品; 利用电子舌技术可快速鉴别不同橄榄汁的滋味品质, 结合多元统计分析和感官评价可为滇橄榄汁的配方优化提供参考。

**关键词:** 电子舌; 滇橄榄; 滋味品质; 主成分分析; 聚类分析

文章编号: 1673-9078(2022)06-267-274

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2022.6.0832

## Evaluation of Taste Quality of Yunnan *Phyllanthus emblica* Juice Based on Electronic Tongue Technology

LI Ruiting<sup>1,2</sup>, SHAN Linxian<sup>1</sup>, NI Qing<sup>1</sup>, ZHANG Huiqiong<sup>1</sup>, BAI Xian<sup>1</sup>, ZENG Wen<sup>3</sup>, JIANG Yan<sup>1\*</sup>

(1. School of Public Health, Dali University, Dali 671000, China)

(2. Department of Anesthesiology, North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, China)

(3. Yunnan Tree Jade Agriculture and Forestry Technology Co. Ltd., Binchuan 671600, China)

**Abstract:** Yunnan *Phyllanthus emblica* juice is rich in nutrients and unique in flavor, and has the potential to improve health. In this study, part of the nutritional components and sensory attributes of 7 samples of 3 kinds of home-made raw Yunnan *Phyllanthus emblica* juice, home-made compound *Phyllanthus emblica* juice and 3 kinds of commercial olive drinks, were determined. In the meantime, the taste characteristics of 7 samples were analyzed by electronic tongue technique, and the obtained data were analyzed by principal component analysis (PCA) and cluster analysis. The results are as follows: The contents of total sugars, total acids, ascorbic acid and polyphenols as well as the sensory scores of the 7 olive juices were significant differences ( $p < 0.05$ ), with the polyphenol content of the wild Yunnan *Phyllanthus emblica* juice being the highest, and the sensory score of home-made compound *Phyllanthus emblica* juice being the highest (88.20). A total of 24 common components were screened from the 7 samples by principal component analysis (PAC), which were summarized into 2 principal components, including 84.85% of the source information. The 7 samples were divided into four groups by the cluster analysis. The PCA results were consistent with the sensory scores, and the results of cluster analysis were basically consistent with the sensory scores. The results showed

引文格式:

李瑞婷, 单林鲜, 倪庆, 等. 基于电子舌技术的滇橄榄汁滋味品质评价[J]. 现代食品科技, 2022, 38(6): 267-274

LI Ruiting, SHAN Linxian, NI Qing, et al. Evaluation of taste quality of Yunnan *Phyllanthus emblica* juice based on electronic tongue technology [J]. Modern Food Science and Technology, 2022, 38(6): 267-274

收稿日期: 2021-08-02

基金项目: 大理大学博士启动基金 (KTBS2018005); 云南省大学生创新创业训练计划项目 (202010679043; 202110679027); 云南省教育厅科学研究基金项目 (2022Y805); 云南省乡村振兴产业关键技术集成示范项目 (202204BP090017)

作者简介: 李瑞婷 (1988-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 天然产物提取及慢性病的精准营养, E-mail: lirui\_ting@126.com

通讯作者: 姜燕 (1981-), 女, 博士, 副教授, 研究方向: 天然产物提取、药理活性分析及保健食品开发, E-mail: jiang\_ya@126.com

that the electronic tongue could distinguish the flavor quality of different olive juices. Conclusion: The three kinds of Yunnan olives, the wild *Phyllanthus emblica* is more suitable for the research and development of healthy foods; The electronic tongue technology can be used to quickly distinguish the overall taste quality of different olive juices, and its combination with multivariate statistical analysis and sensory evaluation can provide reference for the formulation optimization of *Phyllanthus emblica* juice.

**Key words:** electronic tongue; *Phyllanthus emblica*; taste quality; principal component analysis (PCA); cluster analysis

滇橄榄 (*Phyllanthus emblica*), 又称余甘子, 大戟科叶下珠属植物的果实<sup>[1]</sup>, 有悠久的药用历史<sup>[2]</sup>。作为药食同源的保健食品植物资源, 滇橄榄具有保肝<sup>[3]</sup>、抗肿瘤<sup>[4]</sup>、健胃<sup>[5]</sup>、抗衰老<sup>[6]</sup>和抗突变<sup>[7]</sup>等多种药理活性。滇橄榄鲜果酸涩味偏重, 鲜食量受限, 橄榄深加工产品不断开发<sup>[8]</sup>, 如果脯蜜饯、咸橄榄、橄榄果冻、橄榄汁<sup>[9,10]</sup>、保健茶、果酒和橄榄口服液等, 改善了滇橄榄果实口感, 并提高其附加值。滇橄榄汁风味独特, 酸甜可口, 具有醒酒、保肝和护喉等功效<sup>[11,12]</sup>。

滋味品质是饮料和酒类的重要评价指标之一<sup>[13]</sup>, 一般采用传统感官鉴评的方法, 其受主观因素和外界环境影响较大<sup>[14]</sup>。电子舌以低选择性、非特异性、交互敏感的多传感阵列为基础, 模拟人体的舌器官, 灵敏的将感官很难区分的样品进行鉴别, 是判定滋味的客观方法, 检测时间短、客观性强<sup>[15,16]</sup>, 被广泛应用于茶叶质量鉴定<sup>[17]</sup>、酒类区分<sup>[18]</sup>、肉制品鉴定<sup>[19]</sup>和乳制品的工艺考察<sup>[20]</sup>等。目前, 电子舌技术已用于鲜榨橙汁<sup>[21]</sup>、桑果汁<sup>[22]</sup>、刺梨果汁<sup>[23]</sup>、绿茶饮料<sup>[24]</sup>和蹄叶橐吾功能饮料<sup>[25]</sup>等的掺假识别、质量鉴定和滋味品质评价等智能感官分析中。

滇橄榄作为云南省的特色药食兼用植物, 资源丰富, 具有较高的保健功效, 但目前对滇橄榄汁的研究有限。本文以不同品种(野生、翠珠和盈玉)滇橄榄为原料, 制备3种滇橄榄原汁及1种复合滇橄榄汁, 将其与3种市售橄榄汁的成分和滋味品质特征进行比较。对4种自制滇橄榄汁和3种市售橄榄汁饮料共7种样品采用传统感官评价结合电子舌技术和多元统计方法(PCA和聚类分析)进行整体滋味品质差异检测, 以期对滇橄榄汁的开发提供参考及电子舌技术在橄榄饮料的应用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 原料

“翠珠”、“盈玉”和野生3个品种滇橄榄鲜果, 均采摘自云南树翡翠农林科技有限公司有机滇橄榄基地; 市售1-滇橄榄原汁饮料, 云南楚雄绿舟天然食品有限责任公司; 市售2-滇橄榄汁饮料, 云南玉丹食品饮料有限责任公司; 市售3-橄榄汁饮料, 福州大世界

橄榄有限公司; 罗汉果、甘草, 云南向辉药业有限公司; 蜂蜜, 桂林周氏顺发食品有限公司; 纯净水, 大理娃哈哈饮用水有限公司。

### 1.2 试剂

葡萄糖标准品(纯度≥98%)、L(+)-抗坏血酸标准品(纯度≥99.7%)、福林酚、亚甲基蓝, 国药集团化学试剂有限公司; 芦丁标准品(纯度≥98%), 贵州迪大科技有限责任公司; 2,6-二氯靛酚, 上海如吉生物科技有限公司; 盐酸、草酸、偏磷酸、焦性没食子酸、氢氧化钠、乙醇、乙酸锌、亚铁氰化钾、硫酸铜、四水合酒石酸钾钠、三氯化铝、甲基红、醋酸钾等均为国产分析纯。

### 1.3 仪器

SC-3610 低速离心机, 科大创新股份有限公司; T6 紫外可见分光光度计, 北京普析通用仪器有限责任公司; cTongue-8 电子舌, 上海保圣实业发展有限公司。

### 1.4 方法

#### 1.4.1 滇橄榄原汁的制备

采摘成熟的3个品种滇橄榄(野生、“翠珠”和“盈玉”), 清洗后去核切碎与饮用水按固液比为1:3(g/mL)榨汁(破壁料理机1min), 4层纱布过滤后可得3个品种的自制滇橄榄原汁。

#### 1.4.2 复合滇橄榄汁的调配

罗汉果浸提液: 罗汉果清洗破碎后煮沸浸提(与饮用水固液比为1:30 g/mL, 40 min 浸提两次), 4层纱布过滤, 将两次浸提液混合备用<sup>[26]</sup>。

甘草浸提液: 甘草煮沸浸提(与饮用水固液比为1:20 g/mL, 1.5 h), 4层纱布过滤后备用<sup>[27]</sup>。

将1.4.1所得翠珠滇橄榄原汁40 g/100 g、罗汉果浸提液5 g/100 g、甘草浸提液4 g/100 g与蜂蜜12 g/100 g、饮用水39 g/100 g调配, 搅拌均匀后即得自制复合滇橄榄汁。

#### 1.4.3 滇橄榄汁的感官评价

感官评定人员的筛选遵循GB/T 16291.1-2012《感官分析: 选拔、培训与管理评价员一般导则: 第1部分: 优选评价员》<sup>[28]</sup>进行, 由20名具有感官评价经

验的食品质量与安全专业的老师和学生作为感官评价员, 男女各 10 名。20 名评价员根据样品的外观、色泽、香气、滋味对样品进行感官鉴评。取平均值作为感官评价评分结果。感官评分标准见表 1。

表 1 滇橄榄汁感官评分表

**Table 1 Sensory rating table of *Phyllanthus emblica* juice**

项目	评分标准	分值
外观(30分)	澄清透明, 无沉淀	23~30
	微浑浊, 略有沉淀	16~22
	较浑浊, 有少量沉淀	9~15
	严重浑浊或沉淀较多	0~8
色泽(20分)	颜色深浅适宜, 光泽好	17~20
	颜色较深或颜色较淡, 有光泽	13~16
	颜色深或几乎无色, 光泽差	6~12
	颜色极深或无色, 无光泽	0~5
香气(20分)	香气极浓纯正, 无异香	17~20
	香气宜人, 无异香	13~16
	香气淡, 略带其它滋味	6~12
	有明显的异味	0~5
滋味(30分)	滋味极浓纯正, 回甘好, 无异味	23~30
	滋味宜人, 回甘较好, 无异味	16~22
	滋味淡, 回甘较弱, 略带其它滋味	9~15
	有明显的异味, 无回甘	0~8

1.4.4 橄榄汁成分检测

检测 4 种自制滇橄榄汁与 3 种市售橄榄汁的总糖、总酸、抗坏血酸和多酚的含量。总糖测定参照 GB 5009.8-2016 第二法 酸水解-莱因-埃农氏法; 总酸测定参照 GB/T 12456-2008; 抗坏血酸测定参照 GB 5009.86-2016 第三法 2,6-二氯酚酚滴定法; 多酚测定参照文献<sup>[29]</sup>。

所有指标均重复测量 3 次, 结果以  $\bar{x} \pm s$  表示, 采用 SPSS 26.0 进行单因素方差分析及多重比较分析 ( $\alpha=0.05$ )。

1.4.5 电子舌检测

cTongue-8 电子舌含有 6 个惰性金属传感器, 由交互敏感传感器阵列、信号采集电路、基于模式识别的数据处理方法组成。7 个样品编号如下: 1-野生滇橄榄原汁、2-翠珠滇橄榄原汁、3-盈玉滇橄榄原汁、4-自制复合滇橄榄汁、5-市售 1 (某品种滇橄榄原汁)、6-市售 2 (复合滇橄榄饮料)、7-市售 3 (复合橄榄饮料)。每个样品量取 20 mL 分别装入电子舌专用样品杯中, 每次测 5 个平行样品。测试过程中采用自动进样系统, 循环往复收集数据。电子舌测定数据采用自带的软件系统进行主成分分析 PCA 和聚类分析。

2 结果与分析

2.1 橄榄汁样品的成分检测和感官评分结果

表 2 7 种样品的成分含量

**Table 2 Composition content of seven samples**

样品	总糖/%	总酸(以柠檬酸计)/(mg/g)	抗坏血酸/(mg/g)	多酚/(mg/mL)	
滇橄榄原汁	按本文 1.4.1 制备的野生滇橄榄原汁	1.66±0.11 <sup>e</sup>	6.75±0.01 <sup>b</sup>	0.85±0.04 <sup>b</sup>	0.15±0.01 <sup>a</sup>
	按本文 1.4.1 制备的翠珠滇橄榄原汁	1.16±0.08 <sup>f</sup>	5.52±0.02 <sup>c</sup>	0.54±0.01 <sup>c</sup>	0.05±0.01 <sup>d</sup>
	按本文 1.4.1 制备的盈玉滇橄榄原汁	1.48±0.29 <sup>e</sup>	5.21±0.11 <sup>c</sup>	0.42±0.02 <sup>d</sup>	0.10±0.02 <sup>c</sup>
	市售 1 (某品种滇橄榄原汁)	4.58±0.06 <sup>c</sup>	21.82±0.17 <sup>a</sup>	1.61±0.14 <sup>a</sup>	0.13±0.01 <sup>b</sup>
复合饮料	按本文 1.4.2 制备的复合滇橄榄汁	6.62±0.05 <sup>a</sup>	3.08±0.06 <sup>d</sup>	0.42±0.01 <sup>d</sup>	0.04±0.01 <sup>e</sup>
	市售 2 (复合滇橄榄饮料)	2.05±0.01 <sup>d</sup>	2.47±0.01 <sup>e</sup>	0.09±0.01 <sup>f</sup>	0.03±0.01 <sup>f</sup>
	市售 3 (复合橄榄饮料)	5.64±0.42 <sup>b</sup>	1.89±0.04 <sup>f</sup>	0.16±0.02 <sup>e</sup>	0.01±0.01 <sup>g</sup>

注: 同列不同字母表示差异显著 ( $p<0.05$ )。表 3 同。

表 3 7 种样品的感官评分

**Table 3 Sensory score of seven samples**

样品	外观/分	色泽/分	香气/分	滋味/分	感官评分/分	
滇橄榄原汁	按本文 1.4.1 制备的野生滇橄榄原汁	24.80±0.84 <sup>a</sup>	17.60±0.55 <sup>ab</sup>	17.00±1.00 <sup>a</sup>	16.60±0.55 <sup>d</sup>	76.00±1.87 <sup>de</sup>
	按本文 1.4.1 制备的翠珠滇橄榄原汁	25.40±0.55 <sup>a</sup>	18.80±0.84 <sup>a</sup>	16.20±1.30 <sup>a</sup>	17.60±0.55 <sup>cd</sup>	78.00±1.41 <sup>cd</sup>
	按本文 1.4.1 制备的盈玉滇橄榄原汁	24.60±0.89 <sup>a</sup>	18.20±1.64 <sup>ab</sup>	16.00±1.58 <sup>a</sup>	18.00±0.71 <sup>c</sup>	76.80±2.49 <sup>cd</sup>
	市售 1 (某品种滇橄榄原汁)	19.33±1.53 <sup>a</sup>	15.20±1.30 <sup>bd</sup>	16.60±0.89 <sup>a</sup>	16.80±1.09 <sup>d</sup>	74.40±1.14 <sup>e</sup>
复合饮料	按本文 1.4.2 制备的复合滇橄榄汁	26.00±0.55 <sup>a</sup>	16.80±1.48 <sup>bcd</sup>	17.80±0.84 <sup>a</sup>	27.60±0.55 <sup>a</sup>	88.20±2.39 <sup>a</sup>
	市售 2 (复合滇橄榄饮料)	26.60±0.55 <sup>a</sup>	15.40±1.67 <sup>d</sup>	17.60±0.55 <sup>a</sup>	28.00±0.71 <sup>a</sup>	87.60±1.14 <sup>a</sup>
	市售 3 (复合橄榄饮料)	25.60±0.89 <sup>a</sup>	18.00±0.71 <sup>ab</sup>	17.40±0.55 <sup>a</sup>	23.20±0.45 <sup>b</sup>	84.00±1.58 <sup>b</sup>

7 种橄榄汁的总糖、总酸、抗坏血酸和多酚含量及感官评分有显著差异 ( $p < 0.05$ ), 结果见表 2 和表 3。

由表 2 可知, 3 种自制滇橄榄原汁和市售 1 (某品种滇橄榄原汁) 中, 市售 1 的总糖、总酸、抗坏血酸含量显著高于 3 种自制滇橄榄原汁, 但其感官评分最低, 为 74.40 分 (表 3), 且酸涩感较强, 回甘较弱; 野生滇橄榄原汁的多酚含量最高, 为 0.15 mg/mL, 鉴于多酚类物质具有抗氧化<sup>[30]</sup>、抗炎<sup>[31]</sup>和降血糖<sup>[32]</sup>等多种生物活性, 且多酚类物质是滇橄榄中最重要的功效成分<sup>[33,34]</sup>, 野生滇橄榄更适合作为保健食品的原料。3 种自制滇橄榄原汁中, 野生滇橄榄原汁的总酸和抗坏血酸含量最高, 说明 3 个品种中野生滇橄榄是加工高酸滇橄榄原汁的理想品种<sup>[35]</sup>; 但野生滇橄榄原汁较其他两种自制原汁苦涩味稍重, 口感欠佳, 感官评分较低, 为 76.00 分 (表 3), 故可考虑和其他果汁调配, 制成混合果汁饮料。云南省为全国野生滇橄榄资源最丰富的地区, 合理开发利用野生滇橄榄可为服务当地经济提供参考。

由表 3 可知, 7 种样品的感官评分差异主要由色泽和滋味决定 ( $p < 0.05$ ); 外观与香气的差异无统计学意义 ( $p > 0.05$ ), 感官评分总分有显著差异 ( $p < 0.05$ )。7 种样品的滋味评分和感官评分总分结果一致, 其中 3 种自制滇橄榄原汁和市售 1 的滋味评分和感官评分总分明显低于自制复合滇橄榄汁和 2 种市售复合饮料, 这与滇橄榄鲜果独特的酸涩风味有关。自制复合滇橄榄汁, 以 3 种自制滇橄榄原汁中感官评分最高的翠珠滇橄榄原汁为原料, 辅料罗汉果浸提液和甘草浸提液减弱了滇橄榄的酸涩, 保留了滇橄榄回甘清甜的口感, 融合蜂蜜独特的清香, 酸甜适中, 口感佳, 其感官评分值为 88.20 分, 在 7 种橄榄汁中最高; 且其总糖、总酸、抗坏血酸和多酚含量均高于 2 种市售复合饮料, 自制复合滇橄榄汁的功效成分含量相对较高。综上, 添加其他果汁或辅料制备营养丰富、风味独特的复合滇橄榄汁, 既可改善橄榄汁口感又可保留其功效成分, 在一定程度上丰富了滇橄榄饮料市场的多样性。

滇橄榄具清热凉血、消食健胃和生津止咳之效<sup>[36]</sup>。罗汉果具有清热、保肝、增强免疫力、止咳和润肺等功效<sup>[37]</sup>。甘草具有抑菌、抗肿瘤、抗病毒和抗氧化等多种生理功能<sup>[26]</sup>。蜂蜜具有增强抵抗力、润肠通便、助眠和消肿止血等功效<sup>[38]</sup>。本文自制复合滇橄榄汁由以上材料调配, 其具体的保健功效如清咽功能、增强抵抗力和清热等仍需进一步探讨。

## 2.2 电子舌检测结果分析

### 2.2.1 PCA 分析

对 7 种不同橄榄汁的电子舌滋味品质结果进行主成分分析 (图 1) 可知, 第一主成分所占整体信息量的 75.50%, 第二主成分所占整体信息量的 9.35%, 可知主成分 1 和主成分 2 的总贡献率为 84.85%, 与 PCA 累积碎石图 (图 2, P1~P24 为 24 个主成分值) 结果一致, 基本可以代表样品全部信息。

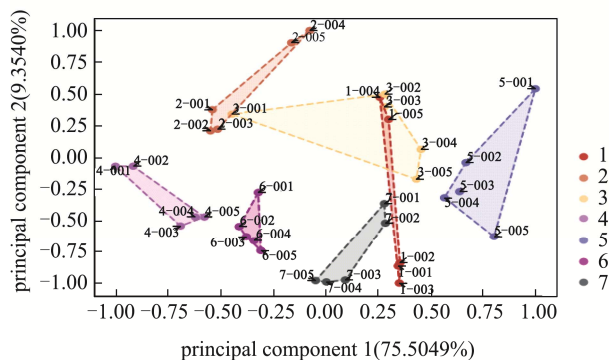


图 1 PCA 降维结果二维图

Fig.1 Two-dimensional diagram of PCA dimension reduction results

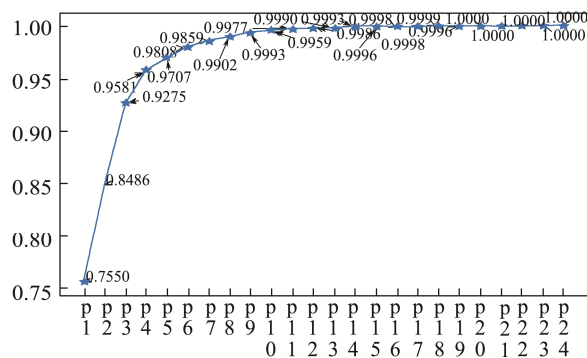


图 2 PCA 累积碎石图

Fig.2 PCA cumulative lithotripsy diagram

由图 1 可知, 各个样品分布在图中的不同区域内。7 个样品中, 除了 1 号样品 (野生滇橄榄原汁) 与 3 号样品 (盈玉滇橄榄原汁) 之间有交叉, 2 号样品 (翠珠滇橄榄原汁) 与 3 号样品之间有交叉, 即 3 种自制滇橄榄原汁的滋味品质差异较小, 符合其感官评价得分结果 (表 3); 其余样品相互之间没有交叉, 重复性较好, 距离较远, 表明其余样品的滋味存在明显差异, 与感官评分结果一致 (表 3)。5 号样品 (市售 1 某品种滇橄榄原汁饮料) 与其他 6 个样品距离较远, 说明市售 1 与其他 6 种橄榄汁味觉差异较大, 这与感官鉴别中其表现出的强烈苦涩感有关。

3 种复合橄榄饮料相比较, 4 号样品 (自制复合滇橄榄汁) 和 6 号样品 (市售 2) 两种橄榄饮料距离较近, 即二者整体滋味特征差异不大, 可能因两款橄榄汁原料均产自云南, 辅料皆有甘草和蜂蜜, 故其滋味特征相近; 而 4 号样品与 7 号样品 (市售 3) 相距较

远,即二者滋味特征差异较大,与市售3的原料是产自福建的橄榄有关,且样品4含蜂蜜、甘草和罗汉果而样品3未添加辅料;这与感官评分中滋味得分情况相符,样品4和6无显著差异( $p>0.05$ ),而样品4与样品7差异显著( $p<0.05$ )。通过PCA分析说明电子舌可以鉴别不同橄榄汁样品的味觉差异。

### 2.2.2 聚类分析

聚类分析可用于衡量不同橄榄汁滋味特征间的相似性,是将不同橄榄汁按照滋味品质相似程度逐渐聚合在一起进行分类,相似度最大的优先聚合在一起<sup>[39,40]</sup>。

由图3可知,在0.15距离处,7个橄榄汁样品被聚为4类,样品2(翠珠滇橄榄原汁)、4(自制复合滇橄榄汁)和6(市售2-复合滇橄榄饮料)聚为一类,样品1(野生滇橄榄原汁)和3(盈玉滇橄榄原汁)被聚为一类,5(市售1-某品种滇橄榄原汁)和7(市售3-复合橄榄饮料)各被单独分为一类。

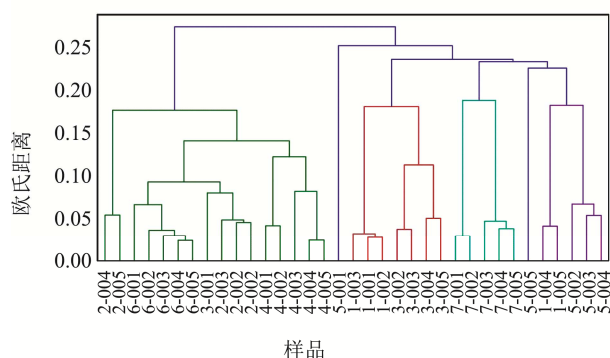


图3 7种样品的聚类图

Fig.3 Cluster diagram of seven samples

聚类分析结果表明:样品2、4和6在滋味上更接近,样品4(自制复合滇橄榄汁)是以样品2(翠珠滇橄榄原汁)为原料,由此可推断样品6(市售2-复合滇橄榄饮料)的原料可能是翠珠滇橄榄;样品4的感官评分(88.20分)与样品6的感官评分(87.50分)无显著性差异(表2),而样品2的感官评分与另两个复合滇橄榄饮料相比有明显差异(表2),可能跟样品2为滇橄榄原汁,苦涩味较重有关。样品1和3两种滇橄榄原汁滋味更接近,样品5(市售1-某品种滇橄榄原汁)和7(市售3-复合橄榄饮料)滋味品质存在一定差距,聚类分析结果与主成分分析和感官评价的结果相符一致。采用电子舌进行聚类分析,可以对不同配方橄榄汁滋味上的差异性进行智能感官分析,以此为优化橄榄汁配方提供参考。

### 2.3 感官评分与电子舌检测结果比较分析

对电子舌技术与感官评定结果进行比较,感官评

定是依据人的主观感觉评判,可有效区分出滇橄榄原汁与复合滇橄榄饮料的差异,如样品2(翠珠滇橄榄原汁)和样品6(市售2-复合滇橄榄饮料)之间的差异,感官评分及滋味得分二者差异显著( $p<0.05$ ,表3),但对样品间细小差异难以准确区分,如样品2与样品1、样品2与样品3的感官评分中滋味得分无差异( $p>0.05$ ,表3);而PCA分析和聚类分析结果表明:7种样品的滋味有差异,但样品2与样品6相较于其他样品滋味较接近(图1),聚类分析中样品2与样品1和3并未被聚为一类(图3),即利用电子舌技术结合多元统计学方法可较为精确和客观地区分二者的差别与联系;另一方面,感官评价时评价员可以较直观地对样品的外观、色泽、香气和滋味进行鉴定(表3),而电子舌技术侧重于样品的滋味分析,存在一定的应用局限性,若需考虑辨识和分析样品的气味特征,还需结合电子鼻技术进一步研究,对于样品风味的综合评价智能感官分析技术有待进一步发展。因此在进行不同橄榄汁风味评价时,将智能感官技术结合传统感官评定方法进行分析,二者相互补充,更利于得出准确可靠的结论<sup>[23]</sup>。

## 3 结论

3.1 7种橄榄汁的总糖、总酸、抗坏血酸和多酚含量以及感官评分和滋味评分有显著差异( $p<0.05$ ),其中野生滇橄榄汁中多酚含量为最高,鉴于多酚的多种生物活性,表明野生滇橄榄更适合作为保健食品的原料。自制复合滇橄榄汁相较于滇橄榄原汁既改善了橄榄汁的口感又保留了其功效成分,其呈浅红棕色,外观均匀,微浑浊,无沉淀,有较浓的滇橄榄果香和较好的回甘效果,酸甜可口,具有一定的市场开发潜力。用电子舌评价7种橄榄汁的滋味品质,并采用主成分和聚类分析,筛选得到2个主成分和4个类别,主成分分析与感官评分结果相符,聚类分析与感官评分结果基本一致。以上结果表明电子舌可为不同种类橄榄汁滋味的检测提供高效、客观的分析方法。

3.2 本研究利用电子舌结合多元统计方法和传统感官评价可为不同橄榄汁的滋味品质评价及质量鉴别提供一种新思路;对复合滇橄榄汁的研发和云南省滇橄榄产业的发展具有一定的指导意义,同时对智能感官分析在橄榄深加工产品的应用中提供了理论基础。

### 参考文献

- [1] 黄浩洲,冉飞,谭庆尧,等.药食同源品种余甘子综合开发利用策略与思路[J].中国中药杂志,2021,46(5):1034-1042  
HUANG Haozhou, RAN Fei, TAN Qingchun, et al. Strategies



- and ideas of comprehensive development and utilization of medicine and food homologous variety *Phyllanthus emblica* [J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2021, 46(5): 1034-1042
- [2] 杨崇仁,张颖君,王海涛,等.余甘子应用源流考[J].亚太传统医药,2021,17(2):197-200  
YANG Chongren, ZHANG Yingjun, WANG Haitao, et al. Study on the source of furit emblic [J]. Asia-Pacific Traditional Medicine, 2021, 17(2): 197-200
- [3] Tung Y U, Huang C Z, Lin J H, et al. Effect of *Phyllanthus emblica* L. fruit on methionine and choline-deficiency diet-induced nonalcoholic steatohepatitis [J]. Journal of Food and Drug Analysis, 2018, 26(4): 1245-1252
- [4] Piyawan K, Somorasong S, Ali A M, et al. Antiproliferative activities and phenolic acid content of water and ethanolic extracts of the powdered formula of *Houttuynia cordata* Thunb. fermented broth and *Phyllanthus emblica* Linn. fruit [J]. BMC Complementary and Alternative Medicine, 2018, 18(1): 130-142
- [5] Vamosfaderani S K, Fataneh H D, Amin G, et al Efficacy and safety of amla ( *Phyllanthus emblica* L. ) in non-erosive reflux disease: a double-blind, randomized, placebo-controlled clinical trial [J]. Journal of Integrative Medicine, 2018, 16(2): 126-131
- [6] 黄清松,曾满红,李红枝,等.余甘子果汁饮料抗疲劳及抗衰老功效研究[J].南方农业学报,2014,45(5):840-843  
HUANG Qingsong, ZENG Manhong, LI Hongzhi, et al. Anti-fatigue and anti-aging effects of *Phyllanthus emblica* juice beverage [J]. Journal of Southern Agriculture, 2014, 45(5): 840-843
- [7] 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
- [8] 陈军,陈洪彬,蒋璇靓,等.余甘子贮藏与加工研究进展[J].食品工业科技,2021,42(11):342-347  
CHEN Jun, CHEN Hongbin, JIANG Xuanjing, et al. Research progression storage and processing of *Phyllanthus emblica* [J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(11): 342-347
- [9] Zhang J G. The research of the effect of the olive juice on anxiety and depression behavior [J]. The Open Biomedical Engineering Journal, 2015, 9: 292-295
- [10] 徐涓,张雯雯,李凯,等.高温蒸汽处理对余甘子果汁贮藏期间的品质影响及褐变行为解析[J].食品科学,2019,40(23): 246-252  
XU Juan, ZHANG Wenwen, LI Kai, et al. Effect of high temperature steaming pretreatment on quality of *Phyllanthus emblica* L. juice and analysis of browning behavior during storage [J]. Food Science, 2019, 40(23): 246-252
- [11] 赖瑞联,陈瑾,韦晓霞,等.中国橄榄研究40年[J].热带作物学报,2020,41(10):2045-2054  
LAI Ruilian, CHEN Jin, WEI Xiaoxia, et al. Research of Chinese olive in the past 40 years [J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2020, 41(10): 2045-2054
- [12] 刘文俊,韩菲,史迪,等.摩洛哥发酵橄榄汁中乳酸菌的分离鉴定及其多样性研究[J].食品工业科技,2021,42(9):108-113  
LIU Wenjun, HAN Fei, SHI Di, et al. Isolation, identification and diversity of lactic acid bacteria from fermented olive juice in Morocco [J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(9): 108-113
- [13] 程秀娟,朱虹,郑丽敏,等.电子舌技术在饮料识别中的应用[J].食品科技,2006,8:163-167  
CHENG Xiujuan, ZHU Hong, ZHENG Limin, et al. Electronic tongue and its application in beverage recognition [J]. Food Science and Technology, 2006, 8: 163-167
- [14] 李文欣,赵文婷,王宇滨,等.基于电子舌评价不同品种番茄制备番茄酱的滋味品质[J].食品工业科技,2019,40(19):209-215  
LI Wenxin, ZHAO Wenting, WANG Yubin, et al. Evaluation of taste quality of tomato paste prepared from different tomato varieties by electronic tongue [J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(19): 209-215
- [15] 卢烽,张青,吴纯洁.电子舌技术在食品行业中的应用及研究进展[J].中药与临床,2020,11(5):60-63,29  
LU Feng, ZHANG Qing, WU Chunjie. Application and research progress of electronic tongue technology in food industry [J]. Pharmacy and clinics of Chinese Materia Medica, 2020, 11(5): 60-63, 29
- [16] 孙文佳,方毅斐,汪廷彩,等.基于电子舌技术的豉香型白酒分类识别研究[J].中国酿造,2020,39(9):182-185  
SUN Wenjia, FANG Yifei, WANG Tingcai, et al. Classification and recognition of Chi-flavor Baijiu based on electronic tongue technology [J]. China Brewing, 2020, 39(9): 182-185
- [17] Ren G X, Li T H, Wei Y M, et al. Estimation of Congou black tea quality by an electronic tongue technology combined with multivariate analysis [J]. Microchemical Journal, 2020, 163: 105899
- [18] Michil S, Svetlana B, Ivan S, et al Solid-contact potentiometric sensors and multisensors based on polyaniline

- and thiocalixarene receptors for the analysis of some beverages and alcoholic drinks [J]. *Frontiers in Chemistry*, 2018, 6: 134-150
- [19] Zinia Z J, Zoltan G, Zoltan K. Standardized extraction techniques for meat analysis with the electronic tongue: a case study of poultry and red meat adulteration [J]. *Sensors*, 2021, 21(2): 481-499
- [20] 丁瑞雪,耿丽娟,刘丽云,等.电子舌联合微生物测序技术分析贮存温度对巴氏杀菌乳品质的影响[J].*食品科学*,2019,40(22):47-52  
DING Ruixue, GENG Lijuan, LIU Liyun, et al. Effects of storage temperature on pasteurized milk quality analyzed by electronic tongue combined with high throughput sequencing [J]. *Food Science*, 2019, 40(22): 47-52
- [21] 张淼,贾洪锋,李雯昕,等.电子舌在鲜榨橙汁掺假识别中的应用研究[J].*食品与机械*,2015,31(6):92-94,207  
ZHANG Miao, JIA Hongfeng, LI Xiexin, et al. Recognition of fresh orange juice adulteration by electronic tongue [J]. *Food & Machinery*, 2015, 31(6): 92-94, 207
- [22] 蓬桂华,李文馨,殷勇,等.电子鼻和电子舌在分析桑果汁风味上的应用[J].*食品工业科技*,2020,41(12):234-237,244  
PENG Guihua, LI Wenxin, YIN Yong, et al. Analysis of flavor difference of mulberry juice by e-nose and e-tongue [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2020, 41(12): 234-237, 244
- [23] 张瑜,罗昱,刘芳舒,等.不同脱苦涩处理刺梨果汁风味品质分析[J].*食品科学*,2016,37(4):115-119  
ZHANG Yu, LUO Yu, LIU Fangshu, et al. Flavor quality of *Rosa roxburghii* juice with different treatments for the removal of bitter and astringent tastes [J]. *Food Science*, 2016, 37(4): 115-119
- [24] 吴进菊,王越,曾瑞萍,等.电子舌在绿茶饮料滋味品质评价中的应用研究[J].*保鲜与加工*,2018,18(4):114-118  
WU Jinju, WANG Yue, ZENG Ruiping, et al. Application of electronic tongue in the taste quality evaluation of green tea beverage [J]. *Storage and Process*, 2018, 18(4): 114-118
- [25] 刘方哲,于润美,姜燕,等.蹄叶橐吾功能饮料的制备及其智能感官分析[J].*现代食品科技*,2018,34(6):174-179,8  
LIU Fangzhe, YU Runmei, JIANG Yan, et al. Preparation and intelligent sensory analysis of hoof leaf ligularia functional beverages [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2018, 34(6): 174-179, 8
- [26] 张小凤,王文琼,鲁茂林,等.不同原料处理方式对罗汉果甘草复合发酵饮料抑菌特性的影响[J].*食品科技*,2020,45(5):84-90  
ZHANG Xiaofeng, WANG Wenqiong, LU Maolin, et al. Effect of different raw material processing methods on bacteriostatic characteristics of compound beverage fermented by *Siraitia grosvenorii* and licorice [J]. *Food Science and Technology*, 2020, 45(5): 84-90
- [27] 王娟,赵江,陈见容,等.红枣杜仲复合饮料的配方优化及其风味物质分析[J].*食品工业科技*,2019,40(2):215-222  
WANG Juan, ZHAO Jiang, CHEN Jianrong, et al. Formulation optimization and flavor substances analysis of *Eucommia* and red dates combined beverage [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2019, 40(2): 215-222
- [28] GB/T 16291.1-2012,感官分析:选拔、培训与管理评价员一般导则:第1部分:优选评价员[S]  
GB/T 16291.1-2012, Sensory Analysis: Selection, training and Management of Evaluators General Guide: Part 1: Selection of Evaluators [S]
- [29] 谢倩,王威,陈清西.橄榄多酚含量测定方法的比较[J].*食品科学*,2014,35(8):204-207  
XIE Qian, WANG Wei, CHEN Qingxi. Comparative study on three different methods for the determination of total phenolics in Chinese olive [J]. *Food Science*, 2014, 35(8): 204-207
- [30] Chaisak C, Phichapom B, Waleewan E, et al. A synergistic combination of *Phyllanthus emblica* and *Alpinia galanga* against H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-induced oxidative stress and lipid peroxidation in human ECV304 cells [J]. *Journal of Functional Foods*, 2018, 43: 44-54
- [31] Dang G K, Parekar R R, Kamat S K, et al. Antiinflammatory activity of *Phyllanthus emblica*, *Plumbago zeylanica* and *Cyperus rotundus* in acute models of inflammation [J]. *Phytotherapy Research*, 2011, 25(6): 904-908
- [32] Huang H Z, Qin M, Lin J Z, et al. Potential effect of tropical fruits *Phyllanthus emblica* L. for the prevention and management of type 2 diabetic complications: a systematic review of recent advances [J]. *European Journal of Nutrition*, 2021, 60(3): 3525-3542
- [33] 王安华,龙国清,王东东,等.油橄榄果渣中多酚提取及活性研究进展[J].*食品研究与开发*,2021,42(5):219-224  
WANG Anhua, LONG Guoqing, WANG Dongdong, et al. Research progress on extraction and activities of polyphenols from *Olea europaea* fruit residue [J]. *Food Research and Development*, 2021, 42(5): 219-224
- [34] 程子良,祁惠芳,黄鹏飞,等.橄榄多酚的化学组成、药理作用及提取技术研究进展[J].*中国油脂*,2020,45(11):26-31,45  
CHENG Ziliang, QI Huifang, HUANG Pengfei, et al.

- Progress in chemical composition, pharmacological action and extraction technology of olive polyphenols [J]. *China Oils and Fats*, 2020, 45(11): 26-31, 45
- [35] 刘清培,周美龄,傅娟,等.不同品种橄榄汁理化性质与制汁特性的研究[J].食品研究与开发,2016,37(7):52-55,153  
LIU Qingpei, ZHOU Meiling, FU Juan, et al. Study on physic-chemical characteristics of fruit juice and suitability of Chinese olive cultivars for juice processing [J]. *Food Research and Development*, 2016, 37(7): 52-55, 153
- [36] 李明玺,黄卫锋,姚亮亮,等.余甘子提取物降血糖活性及其主要成分研究[J].现代食品科技,2017,33(9):96-101  
LI Mingxi, HUANG Weifeng, YAO Liangliang, et al. Hypoglycemic activity of *Phyllanthus emblica* L extracts and analysis of 15ts main components [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2017, 33(9): 96-101
- [37] 郭巍,刘明清,闫瑞霞,等.罗汉果提取物对甲状腺功能减退模型大鼠的干预效果研究[J].现代食品科技,2019,35(12): 87-93  
GUO Wei, LIU Mingqing, YAN Ruixia, et al. Intervention effect of *Momordica grosvenori* extract on hypothyroidism model rats [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2019, 35(12): 87-93
- [38] 龚翊,许金伟,张星海.天麻蜂蜜复合饮料的研制[J].食品研究与开发,2015,36(9):65-68  
GONG Shu, XU Jinwei, ZHANG Xinghai. Development of *Rhizoma gastrodia* and honey mixed beverage [J]. *Food Research and Development*, 2015, 36(9): 65-68
- [39] 张桂英,张喜文,杨斌,等.不同品种小米淀粉理化特性的主成分分析与聚类分析[J].现代食品科技,2017,33(11):224-229  
ZHANG Guiying, ZHANG Xiwen, YANG Bin, et al. Principal components analysis and cluster analysis of physicochemical properties of starch from different cultivars of millet [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2017, 33(11): 224-229
- [40] 黄盼,周改莲,王倩,等.基于主成分和聚类分析评价国产不同批次肉豆蔻挥发油的质量[J].现代食品科技,2020,36(5): 310-318  
HUANG Pan, ZHOU Gailian, WANG Qian, et al. Evaluation of the quality of domestically produced different batches of nutmeg volatile oil based on principal component and cluster analysis [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2020, 36(5): 310-318

---

(上接第 213 页)

- [29] 刘志军,钱德胜,余科.丁二酸酯化对玉米淀粉糊凝沉特性的影响[J].宜春学院学报,2016,38(3):36-38  
LIU Zhijun, QIAN Desheng, YU Ke. Influence of succinate on retrogradation of succinic ester corn starch paste [J]. *Journal of Yichun University*, 2016, 38(3): 36-38
- [30] 王颖,晁桂梅,杨秋歌,等.添加剂对糜子淀粉糊性质的影响[J].中国粮油学报,2012,27(11):24-29  
WANG Ying, CHAO Guimei, YANG Qiuge, et al. Effect of additive on properties of *Proso millet* starch paste [J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2012, 27(11): 24-29
- [31] 王琳,许杨杨,朱轶群,等.碱液处理对荞麦淀粉物理性能和结构的影响[J].食品工业科技,2017,38(6):79-83  
WANG Lin, XU Yangyang, ZHU Yiqun, et al. Effects of sodium hydroxide solutions physical on properties and structure of buckwheat starch [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2017, 38(6): 79-83
- [32] 肖新龙.青稞淀粉理化特性及其抗性淀粉制备研究[D].咸阳:西北农林科技大学,2013  
XIAO Xinlong. Study on physicochemical properties of hull-less barley starch [D]. Xianyang: Northwest A & F University, 2013
- [33] Zhang Y J, Zhu K X, He S Z, et al. Characterizations of high purity starches isolated from five different jackfruit cultivars [J]. *Food Hydrocolloids*, 2015, 52:785-794
- [34] Singh N, Chawla D, Singh J. Influence of acetic anhydride on physicochemical, morphological and thermal properties of corn and potato starch [J]. *Food Chemistry*, 2004, 86(4): 601-608
- [35] Rafiq S I, Singh S, Saxena D C. Effect of alkali-treatment on physicochemical, pasting, thermal, morphological and structural properties of horse chestnut (*Aesculus indica*) starch [J]. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 2016, 10(3): 676-684
- [36] 孙晓莎.荞麦黄酮对小麦淀粉特性影响及其相互作用研究[D].郑州:河南工业大学,2017  
SUN Xiaosha. Effect of buckwheat flavonoids on wheat starch properties and their interactions [D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2017