

基于电子舌技术研究蜜炙枇杷叶配方颗粒的“炮制痕迹”

奉 梅¹, 徐 杨¹, 时小东², 杨文蓉¹, 邓梦雨¹, 李稀钰¹, 刘 涛^{2,3}, 罗 勇^{4*}, 徐玉玲^{1,3*}

1. 成都大学药学院, 四川 成都 610106

2. 成都大学食品与生物工程学院, 四川 成都 610106

3. 四川省抗病毒中药产业化工程技术研究中心, 四川 成都 610106

4. 江苏康缘药业股份有限公司, 江苏 连云港 222001

摘要: 目的 为了解决配方颗粒的质量标准无法检识原料是否进行炮制的弊端, 引入电子舌识别技术进行“炮制痕迹”挖掘, 建立枇杷叶配方颗粒(*Eriobotryae Folium* formula granules, EF-FG)和蜜枇杷叶配方颗粒(honey-fried *Eriobotryae Folium* formula granules, HEF-FG)的电子滋味识别方法, 对 EF-FG 和 HEF-FG 进行了味值定量表征。方法 利用电子舌技术, 对 EF-FG、HEF-FG 的酸味、咸味、鲜味、甜味、苦味、通用 6 种味值进行检测, 并通过配对样本 *t* 检验、主成分分析(principal component analysis, PCA)、正交偏最小二乘法-判别分析(orthogonal partial least squares-discriminant analysis, OPLS-DA)对用电子舌技术所获得的各种味值进行统计分析。结果 电子舌配对样本 *t* 检验表明, 枇杷叶蜜炙对 AHS(酸味)、CPS(通用)、SCS(苦味)味阈值的改变都有作用; PCA 有助于识别 HEF-FG 和 EF-FG; 利用 OPLS-DA 可以构建 EF-FG 和 HEF-FG 的滋味判别模式, 该模型对 *X* 矩阵的解释率(R^2)为 0.978、对 *Y* 矩阵的解释率(R^2)为 0.852、预测能力(Q^2)为 0.788, 表明该模式预测性较好。结论 电子舌技术能够利用数字客观显示出蜜炙对 EF-FG 滋味的差异, 有助于对 EF-FG 与 HEF-FG 进行有效的区分, 可作为 HEF-FG “炮制痕迹”的探索技术。

关键词: 电子舌技术; 枇杷叶; 配方颗粒; 炮制痕迹; 滋味特征; 蜜炙; 主成分分析; 正交偏最小二乘法-判别分析

中图分类号: R283.6 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2024)06-1970-07

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2024.06.019

Study on “processing trace” of honey-fried *Eriobotryae Folium* formula granules based on electronic tongue technology

FENG Mei¹, XU Yang¹, SHI Xiaodong², YANG Wenrong¹, DENG Mengyu¹, LI Ziyu¹, LIU Tao^{2,3}, LUO Yong⁴, XU Yuling^{1,3}

1. School of Pharmacy, Chengdu University, Chengdu 610106, China

2. College of Food and Biological Engineering, Chengdu University, Chengdu 610106, China

3. Sichuan Antiviral Chinese Medicine Industrialization Engineering Technology Research Center, Chengdu 610106, China

4. Jiangsu Kangyuan Pharmaceutical Co., Ltd., Lianyungang 222001, China

Abstract: Objective In order to solve the problem that the quality standard of formula granules can not identify whether the raw materials are processed, the electronic tongue recognition technology was introduced to excavate the “processing trace”, and the electronic taste recognition method of Pipaye (*Eriobotryae Folium*, EF) formula granules (EF-FG) and honey-fried *Eriobotryae Folium* (HEF) formula granules (HEF-FG) was established. The taste values of EF-FG and HEF-FG were quantitatively characterized. **Methods** The electronic tongue technology was used to detect the six taste values [AHS (acid), CTS (salty), NMS (fresh), ANS (sweet), CPS (general), SCS (bitter)] of EF-FG and HEF-FG. The paired sample *t* test, principal component analysis (PCA) and orthogonal partial least squares-discriminant analysis (OPLS-DA) were used to analyze the data of various taste values obtained by electronic tongue technology. **Results** The paired sample *t* test of electronic tongue showed that EF honey-fried had effects on the

收稿日期: 2023-08-17

基金项目: 四川省 2021—2023 年高等教育人才培养质量和教学改革项目(JG2021-2023); 四川省科技成果转化示范项目(2023ZHCG0071)

作者简介: 奉 梅(2001—), 女, 四川达州人, 本科生, 研究方向为中成药开发与质量再评价研究。E-mail: 2718124293@qq.com

*通信作者: 徐玉玲(1975—), 女, 云南曲靖人, 硕士, 教授, 从事中成药开发与再评价研究。E-mail: 842232616@qq.com

罗 勇(1979—), 男, 四川凉山州人, 硕士, 工程师, 研究方向为中药制剂生产及质量控制。E-mail: 407545446@qq.com

changes of AHS (acid), CPS (general) and SCS (bitter) taste thresholds. PCA is helpful to identify HEF-FG and EF-FG. OPLS-DA can be used to construct the taste discrimination model of EF-FG and HEF-FG. The interpretation rate the model for X matrix (R^2_X) is 0.978, the interpretation rate for Y matrix (R^2_Y) is 0.852, and the predictive ability (Q^2) is 0.788, indicating that the model has good predictability. **Conclusion** The electronic tongue technology can objectively show the difference in the taste of EF-FG by honey-fried using digital display, which is helpful to effectively distinguish EF-FG from HEF-FG, and can be used as the exploration technology of “processing trace” of HEF-FG.

Key words: electronic tongue technology; *Eriobotryae Folium*; formula granules; processing trace; taste characteristics; honey-fried; principal component analysis; orthogonal partial least squares-discriminant analysis

枇杷叶为蔷薇科枇杷属植物枇杷 *Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl. 的叶, 临床上有蜜炙枇杷叶和枇杷叶 2 种饮片, 枇杷叶有清肺止咳、和胃利尿、止渴的功效, 而蜜枇杷叶则起到治疗肺热咳嗽、气逆喘急、胃热呕逆的作用, 两者功效不同。中药炮制是指在中医理论的指导下, 按中医用药要求将中药材加工成中药饮片的传统方法和技术, 是中医药临床用药的特色之一。炮制前后部分化学成分会发生变化, 药效也会产生一定差异^[1-3]。研究表明, 枇杷叶经蜜炙后, 其醇溶性浸出物增多^[4]。鲁湘鄂等^[5]采用气相色谱-质谱法对枇杷叶饮片炮制前后的挥发油进行化学成分的分析, 证明了枇杷叶蜜炙前后挥发油水平上存在差异, 汪世浩等^[6]通过紫外光谱技术研究发现, 蜜炙后的枇杷叶饮片的总三萜含量明显增加。叶广亿等^[7]通过对生枇杷叶和炙枇杷叶的水提物、醇提物止咳化痰平喘作用进行比较, 结果表明, 蜜炙枇杷叶的止咳化痰平喘总体效果明显优于生枇杷叶。

枇杷叶饮片蜜炙前后可以从饮片性状进行有效的区别, 但当其制备为配方颗粒后由于经过提取、浓缩、干燥等工艺, 颗粒丧失了原饮片的物理特征, 不能通过性状进行辨识^[8]。由于 2 种配方颗粒的现行标准没有差异性, 无法以检识其原料是否经过炮制, 而不同炮制品的枇杷叶配方颗粒 (*Eriobotryae Folium* formula granules, EF-FG) 临床功效不同, 适应证有异, 临床不能混用。由于蜜炙枇杷叶生产成本较高, 在配方颗粒生产过程中投料造假, 用非炮制品原料替代炮制品原料等乱投料生产的现象时有发生, 影响了药品的安全性和有效性, 对中药配方颗粒产业的良性发展带来了潜在不良影响。

ASTREE 型电子舌是一种仿生人体舌头的智能味觉感官系统, 由味觉传感阵列及信号处理、识别系统组成的智能仪器技术, 其工作原理类似于人类味蕾^[9]。分类主要有电位分析、伏安分析、电导分析及生物传感器电子舌, 目前已广泛应用到食品及药

品领域^[10-14]。

本实验采用电子舌技术, 对 EF-FG 及蜜枇杷叶配方颗粒 (honey-fried *Eriobotryae Folium* formula granules, HEF-FG) 的各滋味进行测定, 结合多元统计模式识别分析方法, 探讨枇杷叶蜜炙前、后制成配方颗粒其本身滋味的改变, 并以此为基础, 通过对 EF-FG 与 HEF-FG “炮制痕迹” 的研究, 为中药配方颗粒质量标准无法检识原料是否炮制的问题提供解决思路。

1 仪器与材料

1.1 仪器

BS-6KII 型电子分析天平, 上海友声衡器有限公司; ASTREE 型电子舌, 法国 Alpha MOS 公司; TG20G 型离心机, 天津广丰科技公司; PS-40 型超声波清洗器, 深圳得康清洗设备有限公司。

1.2 试剂与材料

0.01 mol/L 氯化钠、0.01 mol/L 谷氨酸钠、0.01 mol/L 盐酸, 法国 Alpha MOS 公司; 怡宝蒸馏水, 华润怡宝饮料 (控股) 有限公司。

本实验样品 EF-FG 与 HEF-FG 为自制配方颗粒, 枇杷叶药材选择标准为不同的枇杷树上大小相近颜色相近的叶子, 经成都大学郭晓恒副教授鉴定, 为蔷薇科枇杷属植物枇杷 *E. japonica* (Thunb.) Lindl. 的新鲜叶。枇杷叶药材样品详细信息见表 1。

枇杷叶饮片、蜜枇杷叶饮片根据《中国药典》2020 年版一部“枇杷叶”项下和四部炮制通则项下的蜜炙法炮制 (蜜枇杷叶饮片蜜炙时, 枇杷叶饮片-炼蜜 5:1) 而成, 具体信息见表 1。

EF-FG 及 HEF-FG 均按照《中药配方颗粒国家标准公示》制成。配方颗粒样品详细信息见表 1。

2 方法与结果

2.1 EF-FG 及 HEF-FG 的制备

取枇杷叶 (蜜枇杷叶饮片) 100 g, 加入 2 000 mL 水, 静置 30 min 后煎煮, 待沸后, 保持微沸状态继续煎煮 30 min, 滤过, 滤渣再次加入 2 000 mL 水,

表 1 枇杷叶药材和枇杷叶、蜜枇杷叶饮片及其配方颗粒样品信息

Table 1 Information of <i>Eriobotryae Folium</i> medicinal herbs, and <i>Eriobotryae Folium</i> decoction pieces, honey-fried <i>Eriobotryae Folium</i> decoction pieces, and its formula granules samples				
枇杷叶 药材批号	饮片批号		配方颗粒	
	枇杷叶	蜜枇杷叶	枇杷叶（代号 P）	蜜枇杷叶（代号 M）
20220001	YP20220001	YM20220001	P20220001（P1）	M20220001（M1）
20220002	YP20220002	YM20220002	P20220002（P2）	M20220002（M2）
20220003	YP20220003	YM20220003	P20220003（P3）	M20220003（M3）
20220004	YP20220004	YM20220004	P20220004（P4）	M20220004（M4）
20220005	YP20220005	YM20220005	P20220005（P5）	M20220005（M5）
20220006	YP20220006	YM20220006	P20220006（P6）	M20220006（M6）
20220007	YP20220007	YM20220007	P20220007（P7）	M20220007（M7）
20220008	YP20220008	YM20220008	P20220008（P8）	M20220008（M8）
20220009	YP20220009	YM20220009	P20220009（P9）	M20220009（M9）
202200010	YP202200010	YM202200010	P202200010（P10）	M202200010（M10）

煎煮，待沸后，保持微沸状态继续煎煮 30 min，滤过，合并 2 次煎液。滤液于 80 ℃下浓缩成清膏，加入糊精辅料适量，混匀，于 80 ℃下减压干燥，再加糊精辅料适量（使得最终干浸膏-辅料 1：1），混匀，制粒，即得 EF-FG 及 HEF-FG。

2.2 电子舌技术检测 EF-FG 及 HEF-FG 的电子滋味

2.2.1 电子舌技术检测条件 采用蒸馏水和 0.01 mol/L 盐酸水溶液进行 ASTREE 型电子舌预平衡的标定，在 20 ℃环境下进行。经过处理后的试样盛放入专属烧杯中，试样容量为 80 mL，对每一种试样进行 6 次测量，每次进行测量的时间为传感器进入盛装试样的烧杯之后 120 s，搅拌速率一般为 1 r/s。用蒸馏水循环测试共 4 次，每个洗涤时间均为 30 s。以最后 4 次循环记录的各味值平均值作为各滋味响应值。

2.2.2 供试品溶液的制备 通过干膏总量及配方颗粒中干膏-辅料 1：1 进行计算，根据每克枇杷叶配方颗粒的枇杷叶饮片生药量=1/2/干膏总量×饮片投入量，每克蜜枇杷叶配方颗粒的枇杷叶饮片生药量=1/2/干膏总量×饮片投入量×5/6，计算出不同配方颗粒所含生药量（指枇杷叶饮片），结果见表 2。分别取相应量的对应配方颗粒粉末（过三号筛）适量，精密加入 80 mL 怡宝蒸馏水，超声提 30 min（功率 100 W、频率 40 kHz），定容至 100 mL，超声 5 min（功率 100 W、频率 40 kHz）使均匀，3 000 r/min 离心（离心半径为 4 cm）5 min 后，滤过，取续滤液，即得（供试品溶液所含枇杷叶饮片生药量为 0.02 g/mL，相同质量枇杷叶饮片与蜜枇杷叶饮片中枇杷

表 2 枇杷叶饮片生药量计算结果及取样量

Table 2 Calculation results and sampling amount of raw materials of <i>Eriobotryae Folium</i> decoction pieces			
配方颗 粒批号	干膏总量/ g	每克配方颗粒所含枇 杷叶饮片生药量/g	取样量/ g
P1	14.052 1	3.558 2	0.562 1
P2	15.672 8	3.190 2	0.626 9
P3	13.240 0	3.776 4	0.529 6
P4	13.548 4	3.690 5	0.541 9
P5	13.998 7	3.571 8	0.559 9
P6	15.798 8	3.164 8	0.632 0
P7	13.828 2	3.615 8	0.553 1
P8	13.656 7	3.661 2	0.546 3
P9	14.656 7	3.411 4	0.586 3
P10	13.414 6	3.727 3	0.536 6
M1	20.629 6	2.019 8	0.990 2
M2	20.789 8	2.004 2	0.997 9
M3	21.391 2	1.947 8	1.026 8
M4	27.989 3	1.488 7	1.343 5
M5	23.412 6	1.779 7	1.123 8
M6	20.029 6	2.080 3	0.961 4
M7	23.362 3	1.783 5	1.121 4
M8	21.510 9	1.937 0	1.032 5
M9	27.731 9	1.502 5	1.331 1
M10	22.693 4	1.836 1	1.089 3

叶饮片质量比例为 6：5）。

2.2.3 样品质量浓度考察 用于电子舌测定的样品，其质量浓度应较稀，样品应澄清。将样品配制成质

量浓度分别为 1、5、10、20、30 mg/mL，进样测定，并实时观察在线谱图，结果表明当质量浓度 20 mg/mL 时，在滋味响应值区域内并没有变异，据此，将 20 mg/mL 作为该实验供试的样品质量浓度。

2.2.4 检验结果 分取 EF-FG 和 HEF-FG 各 10 批进行测定，各味道〔酸味（AHS）、咸味（CTS）、鲜味（NMS）、通用（CPS）、甜味（ANS）、苦味（SCS）〕响应值的平均值见表 3。

表 3 EF-FG 及 HEF-FG 各味道响应值 ($n = 4$)

Table 3 Each taste response value of EF-FG and HEF-FG ($n = 4$)

编号	味道响应值						编号	味道响应值					
	AHS	CTS	NMS	CPS	ANS	SCS		AHS	CTS	NMS	CPS	ANS	SCS
P1	3 298.21	2 869.20	1 625.51	1 444.71	3 413.00	3 724.31	M1	2 758.96	3 084.11	1 725.75	1 288.77	3 968.74	3 530.73
P2	3 206.16	2 823.54	1 550.37	1 531.54	2 996.07	3 516.40	M2	2 790.63	2 984.27	1 671.22	1 363.39	3 762.18	3 531.75
P3	3 269.40	3 041.25	1 761.38	1 420.38	3 836.61	3 892.17	M3	2 402.03	2 869.73	1 507.68	1 057.99	3 537.42	3 146.02
P4	3 267.48	3 122.15	1 902.14	1 522.54	3 966.09	3 864.41	M4	2 735.22	3 070.08	1 640.19	1 240.40	3 734.67	3 456.38
P5	3 294.28	3 150.93	1 918.07	1 564.49	4 026.67	3 884.37	M5	2 823.04	3 020.97	1 732.10	1 361.55	3 817.55	3 515.64
P6	3 276.27	3 100.19	1 936.12	1 596.04	4 011.38	3 858.92	M6	2 848.89	2 961.38	1 817.32	1 448.22	3 853.70	3 522.05
P7	3 287.81	3 096.13	1 955.22	1 622.79	4 036.70	3 859.82	M7	2 836.60	2 889.99	1 867.29	1 495.48	3 826.19	3 497.57
P8	3 238.74	3 117.18	1 894.06	1 567.46	3 993.25	3 809.81	M8	3 033.69	2 989.61	1 799.30	1 444.81	3 798.51	3 669.73
P9	3 275.81	2 888.53	1 597.14	1 309.32	3 401.97	3 669.95	M9	2 827.53	3 027.30	1 709.88	1 350.98	3 957.09	3 544.29
P10	3 332.66	3 043.67	1 734.05	1 446.82	3 803.22	3 737.92	M10	2 504.41	3 007.92	1 671.65	1 173.83	3 734.18	3 441.58

2.3 EF-FG 与 HEF-FG 各味道响应值配对的 t 检验

使用 SPSS 26 软件，通过对表 2 中生制品与炮制品的各口味响应值数据进行配对样本 t 检验，结果见表 4，其中 AHS、CPS、SCS 的双侧 P 值差均低于 0.05，表明枇杷叶蜜炙前后所制成配方颗粒中的上述 3 种口味响应值具有统计意义，即枇杷叶蜜炙对上述 3 种口味的影响程度较大。

2.4 EF-FG 与 HEF-FG 的鉴别

2.4.1 配方颗粒特征滋味指纹图谱的建立 以各味值为坐标轴，再根据各味觉响应值自动变换的值，获得 EF-FG 和 HEF-FG 的滋味指纹图，结果见图 1。HEF-FG 的 AHS、CPS、SCS 味值区域具有明显差异，与 EF-FG 区别显著。

表 4 EF-FG 及 HEF-FG 各味道响应值配对 t 检验结果

Table 4 Paired t test results of each taste response value of EF-FG and HEF-FG

味值	配对差值		t 值	双侧 P 值
	平均值	标准误差平均值		
AHS	518.58	62.10	8.350	0.000
CTS	34.74	48.02	0.720	0.488
NMS	76.95	43.01	1.790	0.107
CPS	180.07	34.93	5.160	0.001
ANS	50.53	128.11	0.294	0.702
SCS	296.23	65.60	4.520	0.001

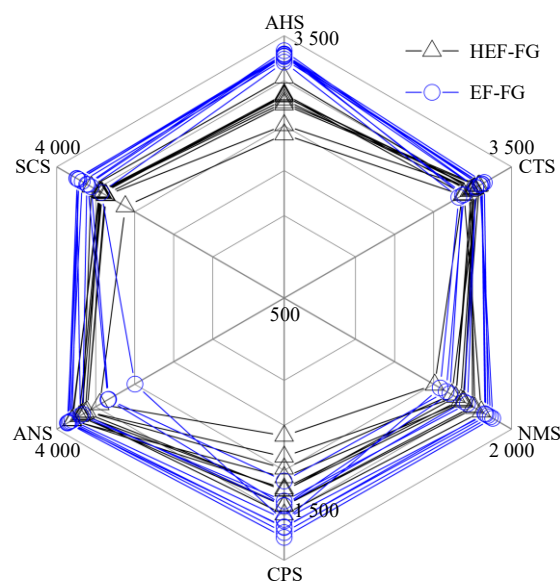


图 1 EF-FG 与 HEF-FG 特征滋味指纹图

Fig. 1 Characteristic taste fingerprint of EF-FG and HEF-FG

2.4.2 电子舌结果主成分分析 (principal component analysis, PCA) 使用 SIMCA 14 软件，对 EF-FG 和 HEF-FG 2 组样本进行 PCA，结果见图 2。结果表明 2 组样本处于 2 个不同方位，并存在着明显组内差别，第 1 主成分和第 2 主成分的变异数贡献率均为 96.90% ($>70\%$)，因此，EF-FG 和 HEF-FG 可以利用电子舌进行区分。

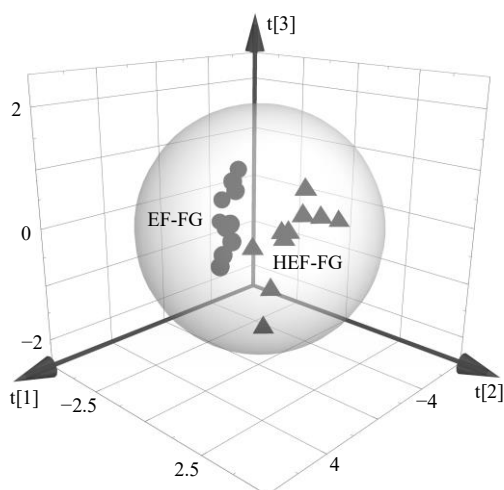


图2 EF-FG与HEF-FG滋味PCA得分3D图

Fig. 2 PCA score 3D diagram of EF-FG and HEF-FG taste

2.4.3 电子舌结果正交偏最小二乘法-判别分析 (orthogonal partial least squares-discriminant analysis, OPLS-DA) 使用 SIMCA 14 软件, 将 EF-FG 与 HEF-FG 2 个样本的各味道响应值进行 OPLS-DA 模拟, 结果见图 3。从图 3 中可发现, EF-FG 和 HEF-FG 被判在 2 个不同位置, 鉴别意义非常明显。该模型对 X 矩阵的解释率 (R^2) = 0.978, 对 Y 矩阵的解释率 (R^2) = 0.852, 该模型的预言能力 (Q^2) = 0.788, 表明了该模型拟合度高、预测性较好 (图 4)。

以变量重要性投影 (variable importance projection, VIP) > 1 为筛选标准, 与配对样本 t 检验结合筛选标志差异物, 共筛选出 2 个差异标志物 (图 5), 分别是 AHS、SCS, 本实验研究条件下, OPLS-DA 技术能够对 EF-FG 与 HEF-FG 电子舌数据的结果进行有效判别。

结合实验数据结果得出, EF-FG 酸味阈值为 2 947.21~3 602.15, 苦味阈值为 3 403.63~4 159.99; HEF-FG 酸味阈值为 2 480.49~2 947.21, 苦味阈值为 3 137.02~3 403.63。经 3 批验证, EF-FG 与 HEF-

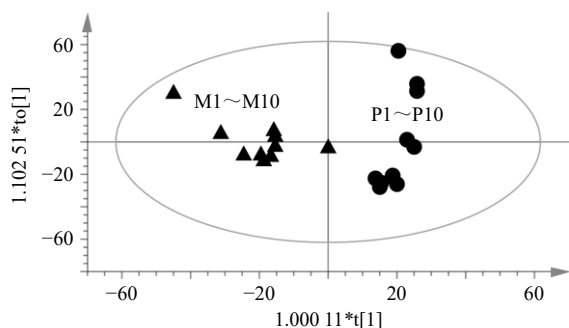


图3 EF-FG和HEF-FG的OPLS-DA得分图

Fig. 3 OPLS-DA score plot of HEF-FG and HEF-FG

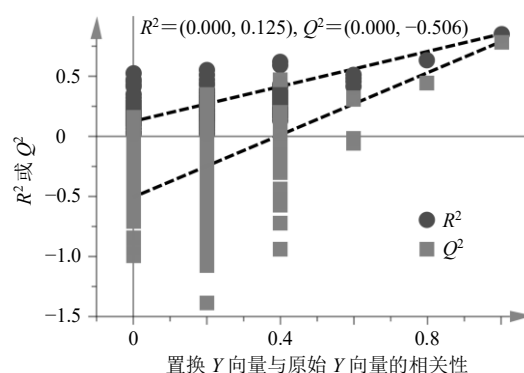


图4 OPLS-DA 的模型验证图

Fig. 4 Model validation diagram of OPLS-DA

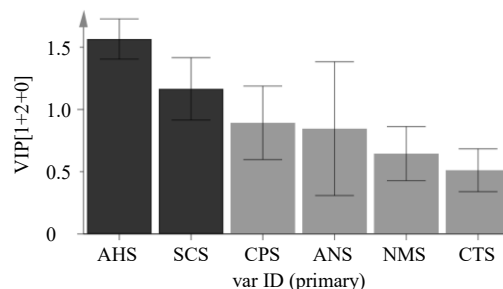


图5 OPLS-DA 置换 VIP 图

Fig. 5 Replacement VIP diagram of OPLS-DA

FG 酸味、苦味值位于相应区间, 该方法能对 EF-FG 及 HEF-FG 进行有效鉴别。

3 讨论

本研究从“炮制痕迹”及滋味评价出发, 采用电子舌技术对 EF-FG 及 HEF-FG 滋味进行定量表征。药材在炮制过程中及中药配方颗粒的制备过程中, 由于受热等因素的影响, 药材与辅料相互作用, 配方颗粒的味值与所用辅料的味值不一定完全相关, 本研究表明, 蜜炙可显著降低 EF-FG 的酸味值, 未增加其甜味值。各味值变化的原因可能与各味道相关的内在成分因炒制发生变化有关, 样品中各味值与样品所含化学成分的相关性有待进一步研究。

PCA、OPLS-DA 技术可以实现 EF-FG 与 HEF-FG 的快速识别, 2 种识别模型可以相互验证。结合数据结果划分 EF-FG 及 HEF-FG 酸味、苦味阈值区间, 3 批验证结果位于相应区间内。因此, 电子舌技术可以从数值上客观化体现蜜炙对枇杷叶各味道的影响, 可以对 EF-FG 与 HEF-FG 进行有效鉴别。

四气五味是中药药性理论的重要内容, 研究表明, 中药的味道与中药质量及其真假伪劣密切相关, 是中药的一种自身的信息体现^[15-16]。但对于建立以传统感官评价通过人体自身器官体验, 依靠人体所观、所感不断的总结而推理出中药性能, 把中药所

拥有的自然属性与其内在有效成分所代表的内在属性关联到一起^[17]，从而建立人体与自然的属性联接，但由于药物成分不确定性，传统感官评价对人体有一定的危害，且传统感官技术个人主观性较强，难以对中药及中药配方颗粒作出客观评价运用电子舌等感官技术可规避这些风险，为目前中药配方颗粒质量控制与标准研究多为指纹图谱、特征图谱及物质基础研究而面临耗时长及标准品浪费等一系列问题^[18-21]及中药配方颗粒质量标准完善提供参考。

中药配方颗粒是中药饮片经提取、浓缩、干燥等处理制成的颗粒剂，制备完成后保留中药饮片药效，其性状却发生改变，利用人体感官无法对中药配方颗粒进行是否炮制进行判断。在国家药品监督管理局颁布的《中药配方颗粒质量标准公示》中，枇杷叶颗粒与 HEF-FG 鉴别标准完全一致，不良厂家可能会利用这点进行偷工减料，两者药效存在一定差异，混淆使用可能无法达到治疗目的，延误病情，造成更加恶劣的结果。由于无法确认市场销售 HEF-FG 原料是否经过炮制，为了保证实验结果的准确性，本研究自制 10 批样品进行研究，后续还将应用建立的方法对市场上的成品进行对比研究。

本研究运用电子舌等智能感官技术对中药配方颗粒“炮制痕迹”进行研究，以一种安全有效便捷的方式对炮制前后配方颗粒进行辨别，为中药配方颗粒是否经过炮制无法检识得问题提供解决参考。由于其检测阈值浓度较低，往往低于人体真实味觉阈值，可能对测定结果有一定的影响。结合参考文献及电子舌检测技术现状^[22-24]，本研究对其测定方法进行了研究，但其完整性的方法学考察，目前尚未见报道，有待进一步研究。针对中药多靶标成分发挥效果的特点^[25-27]，在后续研究还可对电子舌技术等感官技术结合网络药理学有效成分筛选方法及近红外检测等快检技术进行探讨，以期对中药配方颗粒“炮制痕迹”研究提供思路。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] 王春芳. 不同中药炮制方法对中药饮片临床疗效的影响 [J]. 中国中医药现代远程教育, 2023, 21(4): 59-61.
- [2] 殷芳. 白术炮制措施对中药饮片治疗效果的影响 [J]. 中国卫生标准管理, 2022, 13(23): 139-143.
- [3] 何元松, 李焄仪, 孟保华. 大黄的研究现状 [J]. 成都大学学报: 自然科学版, 2022, 41(2): 113-118.
- [4] 高伟城, 王小平, 何丽珊. 枇杷叶生品及不同炮制品质量评价 [J]. 中国药房, 2022, 33(2): 196-202.
- [5] 鲁湘鄂, 刘艳清. 枇杷叶饮片炮制前后挥发油的 GC-MS 分析 [J]. 中药材, 2008, 31(11): 1625-1626.
- [6] 汪世浩, 闫其朋, 周玉波. 枇杷叶及其炮制品中总三萜的含量分析 [J]. 中国民族民间医药, 2017, 26(12): 22-23.
- [7] 叶广亿, 李书渊, 陈艳芬, 等. 枇杷叶不同提取物的止咳化痰平喘作用比较研究 [J]. 中药药理与临床, 2013, 29(2): 100-102.
- [8] 王晨, 时政, 刘钱, 等. 不适宜制备中药配方颗粒的中药材品种探讨 [J]. 中草药, 2021, 52(18): 5775-5781.
- [9] 杨露萍, 倪妮, 洪燕龙, 等. 基于电子舌表征和化学成分“谱味”相关性探究川芎辛味物质基础 [J]. 中成药, 2021, 43(7): 1805-1811.
- [10] Wang B, Sun Y T, Pei W H, *et al.* A new method for studying the mechanism of “feature identification based quality assessment” of traditional Chinese medicine, taking *Gastrodiae Rhizoma* as an example [J]. *Heliyon*, 2022, 8(8): e10354.
- [11] 白杰, 高利利, 张志勤, 等. 电子舌技术的原理及在中药领域的应用 [J]. 中南药学, 2021, 19(1): 78-84.
- [12] Hou F, Miao Y, Wu X, *et al.* Study on masking the bitterness of Chinese medicine decoction-mate [J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2022, 2022: 3701288.
- [13] 李露芳. 电子舌技术在酱油滋味评价中的应用研究 [D]. 广州: 华南理工大学, 2019.
- [14] Wesoły M, Przewodowski W, Ciosek-Skibińska P. Electronic noses and electronic tongues for the agricultural purposes [J]. *Trends Anal Chem*, 2023, doi: 10.1016/j.trac.2023.117082.
- [15] 王鑫, 张定堃, 林俊芝, 等. 口腔给药系统中口感的评价方法研究进展 [J]. 中草药, 2015, 46(14): 2167-2172.
- [16] 桂新景, 张璐, 张璞, 等. 基于经典人群口尝评价法的中药饮片水煎液味觉评价 [J]. 医药导报, 2021, 40(11): 1544-1551.
- [17] 张铁军, 刘昌孝. 中药五味药性理论辨识及其化学生物学实质表征路径 [J]. 中草药, 2015, 46(1): 1-6.
- [18] 贺英俊, 刘博文, 刘前呈, 等. 中药方剂物质基础及质量控制探析 [J]. 成都大学学报: 自然科学版, 2023, 42(1): 1-5.
- [19] 赵剑锋, 张雪, 祁进, 等. 指纹图谱与特征图谱技术在中药配方颗粒国家标准中的应用回顾性分析 [J]. 中国现代应用药学, 2023, 40(9): 1278-1281.
- [20] 张文慧, 雷燕莉, 谢志伟, 等. 中药配方颗粒国家标准中同源异构现象的分析与讨论 [J]. 中草药, 2023, 54(7): 2319-2326.
- [21] 王赵, 金红宇, 马双成. 从市场抽验角度探讨中药配方颗粒质量标准相关问题 [J]. 中草药, 2023, 54(3): 677-

- 687.
- [22] Imam M, Nagpal K. The electronic tongue: An advanced taste-sensing multichannel sensory tool with global selectivity for application in the pharmaceutical and food industry [J]. *Pharm Dev Technol*, 2023, 28(3/4): 318-332.
- [23] 戚淑叶, 耿利华, 赵悦, 等. 电子舌在药品口感评价中的应用进展 [J]. *药学报*, 2023, 58(11): 3151-3159.
- [24] Tian Y L, Wang P, Du L P, *et al.* Advances in gustatory biomimetic biosensing technologies: *In vitro* and *in vivo* bioelectronic tongue [J]. *Trac Trends Anal Chem*, 2022, 157: 116778.
- [25] 刘晓凤, 杨放, 梁洪, 等. 基于活性成分筛选及近红外快检技术的车前草含量研究 [J]. *成都大学学报: 自然科学版*, 2023, 42(2): 113-118.
- [26] 吕丽娟, 钟可, 王祥培, 等. 探讨高效液相色谱与网络药理学在中药配方颗粒质量控制的应用 [J]. *贵州中医药大学学报*, 2021, 43(6): 64-69.
- [27] 沈申, 严宝飞, 陈亚运, 等. 基于多指标成分含量测定的肺宁合剂与中药配方颗粒比较 [J]. *生物加工过程*, 2021, 19(5): 491-497.

[责任编辑 郑礼胜]