

基于电子舌技术的川芎味觉信息与主要化学成分相关性研究

王晓宇^{1,2} 郭俊霞^{1,2} 吴萍^{1,2} 张松林^{1,2} 刘宝莲^{1,3} 杨小倩^{1,3} 李青苗^{1,2*}

(1. 四川省中医药科学院, 四川 成都 610041; 2. 四川省道地药材系统开发工程技术研究中心/中药材品质及创新中药研究四川省重点实验室, 四川 成都 610041; 3. 四川农业大学, 四川 成都 610041)

摘要 目的: 基于电子舌技术, 对川芎药材味觉信息与 6 种主要化学成分含量之间的相关性进行研究。方法: 收集不同来源(产区、加工方法、等级、优劣品)的川芎药材, 采用高效液相色谱法测定川芎中 6 种主要化学成分(绿原酸、川芎嗪、阿魏酸、阿魏酸松柏酯、正丁基苯酞、欧当归内酯 A)含量, 利用电子舌技术对川芎药材的味道进行数字化定量测定, 得到味觉信息数据, 分析二者的相关性。结果: 通过对不同来源川芎味觉信息进行比较, 发现在等级及优劣品的判别上, 川芎样品各味觉信息差异较小; 在产区及加工方法的判别上, 味觉信息差异主要体现在酸味、涩味、咸味。相关性分析发现, 川芎的酸味值与阿魏酸含量呈极显著负相关, 与阿魏酸松柏酯含量呈极显著正相关; 川芎的涩味值、涩味回味值与绿原酸含量呈极显著负相关, 与川芎嗪含量呈极显著正相关。结论: 电子舌技术可实现对川芎产区、加工方法的初步鉴别; 可通过川芎的酸味值初判川芎中阿魏酸、阿魏酸松柏酯含量; 通过涩味值、涩味回味值初判川芎中绿原酸、川芎嗪含量。

关键词 电子舌; 川芎; 味觉信息; 化学成分; 相关性

中图分类号: R284.4 文献标识码: A 文章编号: 1001-4454(2020)01-0034-08

DOI: 10.13863/j.issn1001-4454.2020.01.008

Study on the Correlation between Taste Information and Main Chemical Compositions of *Ligusticum chuanxiong* based on Electronic Tongue Technology

WANG Xiao-yu^{1,2}, GUO Jun-xia^{1,2}, WU Ping^{1,2}, ZHANG Song-lin^{1,2}, LIU Bao-lian^{1,3}, YANG Xiao-qian^{1,3}, LI Qing-miao^{1,2}

(1. Sichuan Academy of Traditional Chinese Medicine Sciences, Chengdu 610041, China; 2. Sichuan Genuine Medicinal Materials System Development Engineering Technology Research Center/Sichuan Key Laboratory of Quality and Innovation of Traditional Chinese Medicine, Chengdu 610041, China; 3. Sichuan Agricultural University, Chengdu 610041, China)

Abstract Objective: To study the correlation between the taste information and six main chemical compositions contents of *Ligusticum chuanxiong* by electronic tongue technology. Methods: Different sources of *Ligusticum chuanxiong* including producing areas, processing methods, grades, advantages and disadvantages were collected. The contents of six main chemical compositions of *Ligusticum chuanxiong* including chlorogenic acid, ligustrazine, ferulic acid, coniferyl ferulate, *n*-butylphthalide and levistolide A were determined by HPLC. Digital quantitative determination of the taste of *Ligusticum chuanxiong* was carried out by using electronic tongue technology to obtain the taste information data, and the correlation between them was analyzed. Results: Through the comparison of taste information of *Ligusticum chuanxiong* from different sources, it was found that there was little difference between taste information of *Ligusticum chuanxiong* samples in terms of grade and quality. In the discrimination of producing areas and processing method, the difference of taste information was mainly reflected in sour taste, astringency taste and salty taste. The correlation analysis showed that the sour value of *Ligusticum chuanxiong* had an extremely significant negative correlation with ferulic acid content and extremely significant positive correlation with coniferyl ferulate content. The astringency and its aftertaste values of *Ligusticum chuanxiong* were extremely negatively correlated with chlorogenic acid content and extremely positively correlated with ligustrazine content. Conclusion: Electronic tongue technology can be used to preliminarily identify the producing areas and processing methods of *Ligusticum chuanxiong*. The contents of ferulic acid and coniferyl ferulate in *Ligusticum chuanxiong* can be determined by the sour value of *Ligusticum chuanxiong*. The contents of chlorogenic acid and ligustrazine in *Ligusticum chuanxiong* can be determined by astringency value and astringency aftertaste value.

Key words Electronic tongue; *Ligusticum chuanxiong* Hort.; Taste information; Chemical compositions; Correlation

电子舌(Electronic-Tongue, E-Tongue)技术又称味觉智能分析技术, 是自 20 世纪 80 年代中期发展

起来的一种快速分析技术, 可模拟人体味觉系统, 从味觉传感器的化学信号分析出“味道”信息并进行

收稿日期: 2019-08-07

基金项目: 四川省公益性科研院所基本科研项目(2018011); 国家科技部中医药现代化重点专项(SQ2017YFC170295, SQ2017YFC170327); 省级农业科技成果转化项目(2019NZZJ0046)

(作者简介: 王晓宇(1984-), 女, 硕士, 助理研究员, 主要从事中药化学成分与质量标准化研究; E-mail: wangxiaoyu926@163.com; www.cnki.net)

* 通讯作者: 李青苗, E-mail: qingmiaoli@sina.com

识别检测。它得到的不是单一成分的定量或定性结果,而是对整个体系的评价分析,因此又称为“指纹”分析⁽¹⁾。对中药五味化学物质基础的现代研究表明,酸味中药中化学成分多以酚酸、鞣质等为主,苦味中药多含生物碱及其苷类,甘味中药多含糖类、苷类、氨基酸等,辛味中药中化学成分多为挥发油、萜类等,咸味中药多含无机盐、蛋白质等⁽²⁾。传统中药“五味”多由口尝得出,具有一定主观性和个体差异,描述模糊、不规范,缺乏可量化指标,且毒性中药有一定安全风险,实际应用中存在局限。

川芎为伞形科植物川芎 *Ligusticum chuanxiong* Hort. 的干燥根茎,辛香走散,具有活血行气、祛风止痛的功效,适用于瘀血阻滞等病症⁽³⁾。川芎中主要化学成分包括挥发油、生物碱、酚酸及有机酸等⁽⁴⁻⁷⁾。其中,绿原酸具酸味及收敛性;川芎嗪为吡嗪生物碱类,具特殊异臭;阿魏酸属有机酸及酚类;阿魏酸松柏酯属酚酸类化合物;正丁基苯胺具芹菜香气;欧当归内酯 A 属内酯类成分,为藁本内酯的二聚体⁽⁸⁻¹¹⁾。作为川产道地药材,川芎传统经验鉴别以“个大饱满、质坚实、断面色黄白、油性大、香气浓者”为佳。本草记载川芎道地产区位于四川灌县境内(即今四川省都江堰市),栽种历史悠久,至上世纪 70 年代,逐渐扩展至彭州、郫县、崇州、新都等地,后又相继出现彭山、邛崃等非传统道地产区,并有逐渐取代传统产地的趋势⁽¹²⁾。近年来电子舌在中药领域的研究日益增多,而笔者目前未见对川芎味觉信息与内在品质的相关性研究。故本研究采用高效液相色谱法

对川芎药材中 6 种主要化学成分进行含量测定,采用电子舌对川芎水提液的味觉信息进行数字定量化测定,采用 SPSS 软件对川芎味觉信息与主要化学成分的含量进行相关性分析,探究川芎味道与其主要化学成分的关系,为建立川芎品质特征的快速鉴别体系提供科学依据。

1 仪器与试剂

1.1 仪器 SA402B 系列智能味觉分析系统(日本 INSENT 公司);1200 高效液相色谱仪(美国 Agilent 公司);XS205 型电子分析天平(瑞士 Mettler-Toledo 公司);KQ2200 型超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司);DHG-9240 型电热恒温鼓风干燥箱(上海一恒科学仪器有限公司);BSA224S 型电子分析天平(德国 Sartorius 公司);LXJ-II B 型离心机(上海安亭科学仪器厂)。

1.2 试剂 绿原酸(批号: MUST-19030620)、川芎嗪(批号: MUST-18051403)、阿魏酸(批号: MUST-18032928)、阿魏酸松柏酯(批号: MUST-19031901)、正丁基苯胺(批号: MUST-17070805)、欧当归内酯 A(批号: MUST-18032812)对照品均购自成都曼斯特生物制品有限公司,质量分数均大于 98%。色谱纯乙腈、色谱纯甲醇为 TEDIA 公司产品;水为超纯水;其他试剂均为分析纯。

1.3 样品信息 川芎药材收集自四川省内川芎道地产区眉山、都江堰、彭州等地,经笔者李青苗研究员鉴定为伞形科植物川芎 *Ligusticum chuanxiong* Hort. 的根茎。具体信息见表 1。

表 1 川芎样品信息表

编号	产区	等级	加工方法	样品味道(口尝)	品种及品质
1	眉山市仁寿县福兴村	大货	炕干	味苦、辛	川芎,优品
2	眉山市仁寿县福兴村	中货	炕干	味苦、辛	川芎,优品
3	眉山市仁寿县福兴村	小货	炕干	味苦、辛	川芎,优品
4	眉山市东坡区多悦镇会龙村	大货	炕干	味苦、辛	川芎,优品
5	眉山市东坡区多悦镇会龙村	中货	炕干	味苦、辛	川芎,优品
6	眉山市东坡区多悦镇会龙村	小货	炕干	味苦、辛	川芎,优品
7	眉山市彭山县谢家镇瓦山村	大货	晒干	味苦、辛	川芎,优品
8	眉山市彭山县谢家镇瓦山村	中货	晒干	味苦、辛	川芎,优品
9	眉山市彭山县谢家镇瓦山村	小货	晒干	味苦、辛	川芎,优品
10	眉山市彭山县谢家镇欣荣村	大货	炕干	味苦、辛	川芎,优品
11	眉山市彭山县谢家镇欣荣村	中货	炕干	味苦、辛	川芎,优品
12	眉山市彭山县谢家镇欣荣村	小货	炕干	味苦、辛	川芎,优品
13	眉山市彭山县谢家镇瓦山村	大货	晒干	味苦、辛	川芎,优品
14	眉山市彭山县谢家镇瓦山村	中货	晒干	味苦、辛	川芎,优品
15	眉山市彭山县谢家镇瓦山村	小货	晒干	味苦、辛	川芎,优品
16	都江堰市石羊镇广益村	大货	晒干	味苦、辛	川芎,优品
17	都江堰市石羊镇广益村	中货	晒干	味苦、辛	川芎,优品

续表 1

编号	产区	等级	加工方法	样品味道(口尝)	品种及品质
18	都江堰市石羊镇广益村	小货	晒干	味苦、辛	川芎, 优品
19	都江堰市石羊镇广益村	大货	晒干	味苦、辛	川芎, 优品
20	都江堰市石羊镇广益村	中货	晒干	味苦、辛	川芎, 优品
21	都江堰市石羊镇广益村	小货	晒干	味苦、辛	川芎, 优品
22	什邡市元石镇	大货	晒干	味苦、辛	川芎, 优品
23	什邡市元石镇	中货	晒干	味苦、辛	川芎, 优品
24	什邡市元石镇	小货	晒干	味苦、辛	川芎, 优品
25	彭州市敖平镇	大货	晒干	味苦、辛	川芎, 优品
26	彭州市敖平镇	中货	晒干	味苦、辛	川芎, 优品
27	彭州市敖平镇	小货	晒干	味苦、辛	川芎, 优品
28	彭州市敖平镇	统货	晒干	味苦、辛	奶芎, 劣品
29	彭州市小鱼洞镇	统货	晒干	味苦、辛	山川芎, 劣品
30	都江堰市石羊镇广益村	统货	晒干	味苦、辛	川芎, 劣品

注:按单个川芎重量划分等级,大货>20 g,14 g<中货<20 g,小货<14 g;奶芎指无性繁殖过程中,立春前采挖的未成熟川芎根茎;山川芎指立秋前后,于山中育苓的川芎中选取无雨天割取地上部分扎成捆运下山作为苓种继续栽培,此时种植在山区的地下部分根茎

2 方法与结果

2.1 测定方法的建立

2.1.1 色谱条件: 色谱柱: Agilent Zorbax Eclipse C₁₈ 色谱柱(4.6 mm×250 mm 5 μm); 以乙腈为流动相 A, 0.5% 乙酸溶液为流动相 B, 梯度洗脱(表 2); 柱温: 30 °C; 检测波长: 285 nm; 进样量: 10 μL; 流速: 1.0 mL/min。上述色谱条件下, 各成分峰分离良好。色谱图见图 1、2。

表 2 梯度洗脱时间表

时间/min	流动相 A/%	流动相 B/%
0~15	10~16	90~84
15~30	16~30	84~70
30~35	30~40	70~60
35~65	40~60	60~40
65~67	60~10	40~90

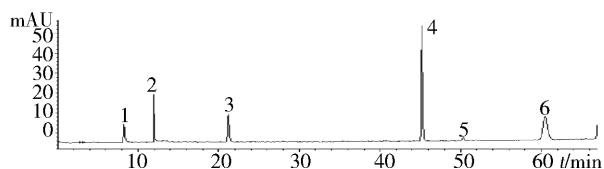


图 1 6 种对照品的 HPLC 图谱

- 1. 绿原酸 2. 川芎嗪 3. 阿魏酸 4. 阿魏酸松柏酯
- 5. 正丁基苯酞 6. 欧当归内酯 A

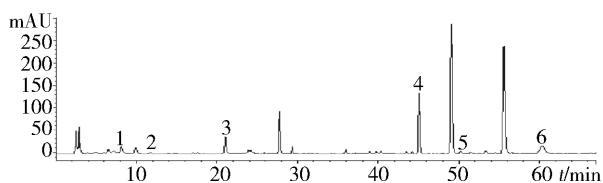


图 2 川芎样品的 HPLC 图谱

- 1. 绿原酸 2. 川芎嗪 3. 阿魏酸 4. 阿魏酸松柏酯
- 5. 正丁基苯酞 6. 欧当归内酯 A

2.1.2 对照品溶液的制备: 分别取各对照品适量, 精密称定, 加甲醇-乙酸乙酯混合溶液(1:1)制成绿原酸、川芎嗪、阿魏酸、阿魏酸松柏酯、正丁基苯酞、欧当归内酯 A 浓度分别为 0.683、0.751、0.681、0.925、0.4184、0.745 mg/mL 的对照品储备液, 依次精密吸取各对照品储备溶液 700、20、400、1 000、200、250 μL 置同一 10 mL 量瓶中, 加入甲醇-乙酸乙酯混合溶液(1:1)定容, 摇匀, 即得混合对照品溶液。

2.1.3 供试品溶液的制备: 取本品粉末约 1 g, 精密称定, 置具塞锥形瓶内, 精密加入 75%乙醇 25 mL 后称定重量, 超声处理(140 W, 42 kHz) 30 min, 冷却, 用 75%乙醇补足减失重量, 摇匀, 滤过, 取续滤液。经 0.45 μm 微孔滤膜过滤后, 备用。

2.1.4 线性关系考察: 取“2.1.2”项下制备的混合对照品溶液 1、3、7、10、15、20 μL, 按“2.1.1”项下色谱条件测定, 以对照品进样量(x)为横坐标, 峰面积(y)为纵坐标进行线性回归, 结果见表 3。

2.1.5 精密度试验: 取混合对照品溶液, 连续进样 5 次, 每次 10 μL, 记录各成分峰面积并计算得到绿原酸、川芎嗪、阿魏酸、阿魏酸松柏酯、正丁基苯酞、欧当归内酯 A 的峰面积 RSD 均小于 1.50%, 表明仪器精密度良好。

2.1.6 重复性试验: 取同一批川芎供试品, 按“2.1.3”项方法平行制备 6 份供试品, 按“2.1.1”项下色谱条件测定, 记录各成分峰面积并计算得到绿原酸、川芎嗪、阿魏酸、阿魏酸松柏酯、正丁基苯酞、欧当归内酯 A 的峰面积 RSD 均小于 1.22%, 表明方法重复性良好。

2.1.7 稳定性试验: 取同一批川芎供试品溶液, 分

表 3

线性关系考察

成分	回归方程	r	线性范围/ μg
绿原酸	$y=7\ 881.1x-7.9504$	0.9995	0.0478~0.9562
川芎嗪	$y=150\ 422x-34.733$	0.9998	0.0015~0.0741
阿魏酸	$y=22\ 874x+12.208$	0.9999	0.0272~0.5448
阿魏酸松柏酯	$y=23\ 672x+26.491$	0.9998	0.0925~1.8500
正丁基苯酞	$y=8\ 127.4x+3.1891$	0.9995	0.0084~0.1674
欧当归内酯 A	$y=55\ 103x+160.71$	0.9996	0.0186~0.3725

别于 0、1、2、4、6、12、24 h 进样分析,记录各成分峰面积并计算得到绿原酸、川芎嗪、阿魏酸、阿魏酸松柏酯、正丁基苯酞、欧当归内酯 A 的峰面积 RSD 均小于 1.40% ,表明供试品溶液在 24 h 内稳定性良好。

2.1.8 加样回收率试验:精密称取已知 6 种成分含量的川芎供试品粉末约 0.5 g ,精密称定 6 份 ,加入各对照品储备液适量 ,按“2.1.3”项下方法制备供试品溶液 ,按“2.1.1”项下色谱条件进样分析 ,计算得到绿原酸、川芎嗪、阿魏酸、阿魏酸松柏酯、正丁

基苯酞、欧当归内酯 A 的平均加样回收率依次为 98.27% ,101.54% ,99.75% ,100.54% ,101.37% ,99.80% ,RSD 值均小于 3.40% ,表明方法加样回收率良好。

2.1.9 样品含量测定:取川芎样品粉末 ,按“2.1.3”项下方法制备供试品溶液 ,按“2.1.1”项下色谱条件测定 ,计算样品含量。结果见表 4。

2.2 川芎粉末水提液的味道数字化定量测定

2.2.1 电子舌参比液的制备:精密称定 2.2365 g 氯化钾和 0.045 g 酒石酸 ,用 500 mL 蒸馏水溶解 ,

表 4

川芎样品主要化学成分含量测定结果(% n=2)

样品编号	绿原酸	川芎嗪	阿魏酸	阿魏酸松柏酯	正丁基苯酞	欧当归内酯 A
1	0.046	0.004	0.062	0.184	0.026	0.029
2	0.078	0.003	0.044	0.159	0.022	0.021
3	0.085	0.004	0.042	0.141	0.038	0.022
4	0.092	0.003	0.047	0.195	0.022	0.047
5	0.150	0.003	0.038	0.129	0.015	0.038
6	0.089	0.005	0.039	0.155	0.030	0.042
7	0.147	0.001	0.089	0.084	0.009	0.035
8	0.194	0.001	0.099	0.086	0.008	0.032
9	0.190	0.001	0.091	0.096	0.009	0.033
10	0.085	0.007	0.080	0.102	0.023	0.026
11	0.048	0.007	0.076	0.125	0.020	0.017
12	0.102	0.006	0.077	0.113	0.023	0.018
13	0.125	0.002	0.108	0.026	0.012	0.021
14	0.146	0.001	0.109	0.033	0.010	0.023
15	0.163	0.001	0.113	0.033	0.009	0.025
16	0.161	0.003	0.043	0.083	0.019	0.017
17	0.135	0.002	0.085	0.123	0.025	0.027
18	0.110	0.002	0.044	0.046	0.016	0.013
19	0.111	0.004	0.086	0.136	0.017	0.032
20	0.093	0.004	0.105	0.131	0.015	0.029
21	0.135	0.003	0.107	0.124	0.013	0.034
22	0.152	0.002	0.111	0.126	0.005	0.029
23	0.141	0.003	0.096	0.144	0.013	0.030
24	0.189	0.002	0.105	0.161	0.014	0.034
25	0.126	0.004	0.134	0.116	0.022	0.026
26	0.117	0.005	0.112	0.100	0.019	0.030
27	0.101	0.005	0.116	0.090	0.021	0.028
28	0.094	0.002	0.096	0.045	0.013	0.037
29	0.080	0.004	0.114	0.094	0.012	0.030
30	0.138	0.003	0.119	0.082	0.014	0.039

转移到 1 000 mL 量瓶中,定容。

2.2.2 电子舌正极清洗液的配制:准确称量 7.46 g 氯化钾,用 500 mL 蒸馏水搅拌溶解,然后准确加入 300 mL 无水乙醇溶液,边搅拌边加入准确称量的 0.56 g 氢氧化钾,溶解完毕后,转移到 1 000 mL 的容量瓶,定容。

2.2.3 电子舌负极清洗液的配制:准确量取 300 mL 无水乙醇,与 500 mL 蒸馏水震荡混合,然后加入 8.3 mL 的浓盐酸,搅拌混合后转移到 1 000 mL 的容量瓶,定容。

2.2.4 供试品的制备:取川芎样品粉末约 2.0 g,精密称定,置于圆底烧瓶中,精密加入蒸馏水 200 mL,加热回流提取 1.5 h,放冷,补足减失的重量,离

心 10 min(4 000 r/min)后取上清液,直接测试。

2.2.5 电子舌测试方法:首先在清洗液中清洗 90 s,接着用参比液清洗 2 次,传感器在平衡位置归零 30 s,达到平衡条件后,开始测试,测试时间 30 s;在两组参比液中分别短暂清洗 3 s,传感器插入新的参比液中测试回味 30 s,循环测试 4 次,去掉第一循环,取后 3 次平均数据作为测试结果。每次清洗、平衡和测试回味的液体均分布在不同样品杯中。

2.2.6 不同川芎药材味觉信息测定结果:采用电子舌技术对不同来源的川芎药材味道进行数字化测定,收集 3 次平行测试数据,求得平均值,结果见表 5。

表 5 川芎药材味觉信息值测定结果(n=3)

样品编号	酸味	苦味	涩味	苦味回味	涩味回味	鲜味	丰富度	咸味
1	-23.17	12.91	6.62	1.90	1.56	8.06	2.53	-8.89
2	-23.14	12.00	6.55	1.40	1.51	7.91	2.87	-8.82
3	-23.67	13.65	7.81	2.34	1.83	7.97	2.92	-7.29
4	-22.25	12.67	7.52	2.06	1.92	7.30	2.42	-8.80
5	-22.89	13.34	7.28	2.33	1.78	7.80	2.72	-8.04
6	-21.89	13.66	8.65	2.91	2.27	7.42	2.89	-6.62
7	-29.22	14.03	4.09	2.54	1.29	9.10	3.56	-3.65
8	-29.02	13.46	4.72	2.80	1.65	8.86	3.94	-2.52
9	-29.84	12.46	3.39	1.72	1.06	9.01	3.87	-3.68
10	-23.95	13.51	8.52	3.02	2.79	7.71	3.13	-8.61
11	-22.88	13.94	9.32	3.59	3.11	7.24	3.24	-8.47
12	-23.50	14.07	8.99	3.97	3.13	7.59	3.43	-7.45
13	-30.23	12.91	3.95	1.74	1.52	9.61	2.11	-4.50
14	-30.76	11.49	3.30	1.18	1.17	9.42	2.42	-4.35
15	-30.57	13.46	4.11	2.22	1.56	9.26	2.44	-3.59
16	-27.90	13.04	7.46	2.92	2.19	9.89	2.53	-3.45
17	-27.35	13.95	7.32	3.69	2.31	10.08	2.88	-1.02
18	-26.97	14.88	7.11	3.89	2.14	10.61	2.03	-1.96
19	-25.62	13.16	7.47	3.44	2.53	8.21	4.53	-1.67
20	-25.94	13.74	7.33	3.70	2.66	8.04	4.64	-1.06
21	-26.35	14.48	7.20	4.68	2.83	8.26	5.16	-1.23
22	-27.15	14.40	6.60	2.93	1.98	8.66	2.84	-2.12
23	-27.78	15.36	6.07	3.43	1.75	8.47	3.18	-2.67
24	-25.91	12.31	5.66	2.54	1.90	8.70	4.00	-2.19
25	-27.09	13.74	7.87	3.04	2.19	8.62	3.82	-1.75
26	-28.05	14.43	7.38	3.96	2.83	8.73	2.54	-0.55
27	-28.86	14.91	7.10	3.83	2.58	9.01	2.48	-0.70
28	-29.24	13.44	6.41	2.52	2.41	9.54	2.50	-3.03
29	-27.73	13.74	6.09	2.99	2.24	8.38	2.22	-0.59
30	-29.79	14.27	6.68	3.87	2.64	8.75	3.39	-0.96

2.3 对不同来源川芎的味觉信息差异进行比较

2.3.1 同一产区、同一加工方法(晒干)不同等级川芎的味觉信息比较:由图 3 可知,同一产区、同一

加工方法(晒干)不同等级的川芎样品在各味觉信息上的差异均较小。

2.3.2 不同产区、同一加工方法(晒干)川芎的味

觉信息比较:由图 4 可知,不同产区、同一加工方法(晒干)川芎样品的味觉差异主要体现在酸味、涩味、咸味,而在苦味、鲜味、苦味回味、涩味回味、丰富度

度上差异较小。由图 5 可知,眉山产区作为川芎新兴产区,在酸味、涩味、咸味上较明显区别于川芎传统产区(都江堰、什邡、彭州)。

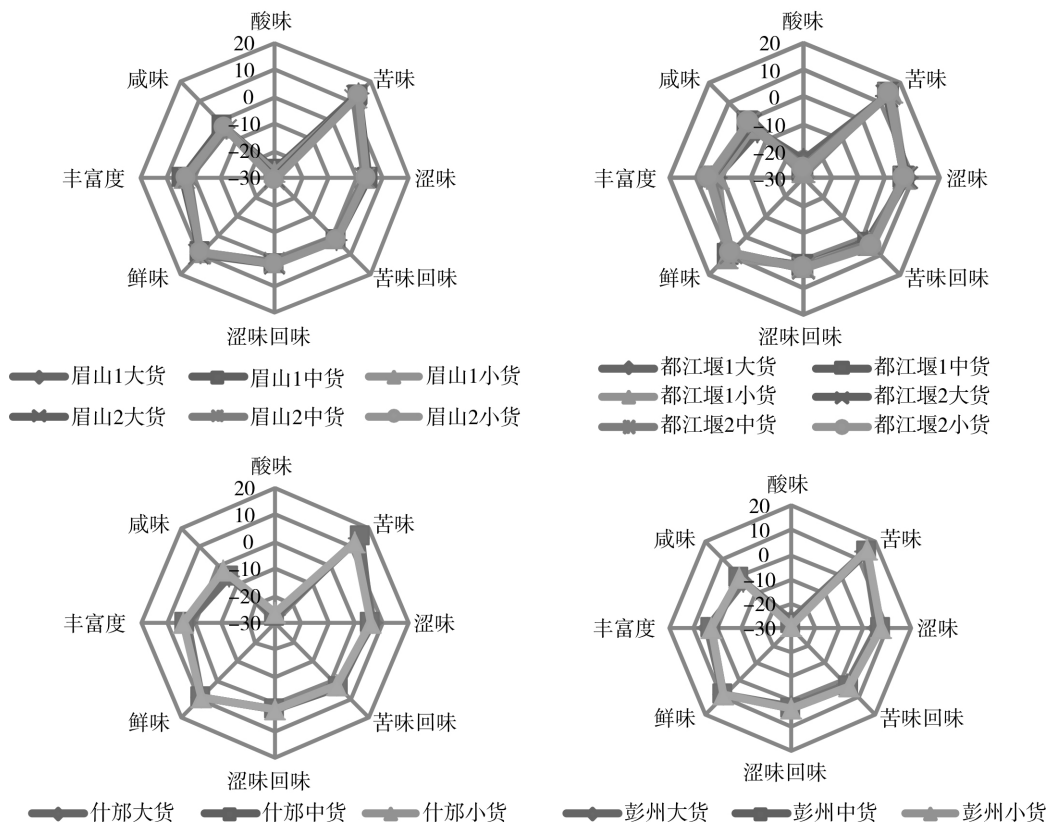


图 3 同一产区、同一加工方法(晒干)不同等级川芎的味觉信息雷达图

注:眉山 1 大、中、小货指表 1 中的样品 7、8、9,眉山 2 大、中、小货指表 1 中的样品 13、14、15;都江堰 1 大、中、小货指表 1 中的样品 16、17、18,都江堰 2 大、中、小货指表 1 中的样品 19、20、21;什邡大、中、小货指表 1 中的样品 22、23、24;彭州大、中、小货指表 1 中的样品 25、26、27

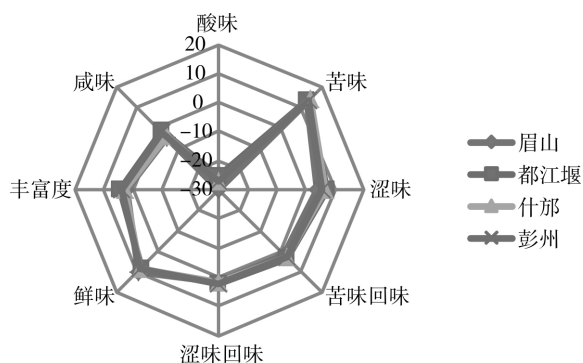


图 4 不同产区、同一加工方法(晒干)川芎的味觉信息雷达图

注:不同产区川芎各味觉信息值取均值后进行差异比较

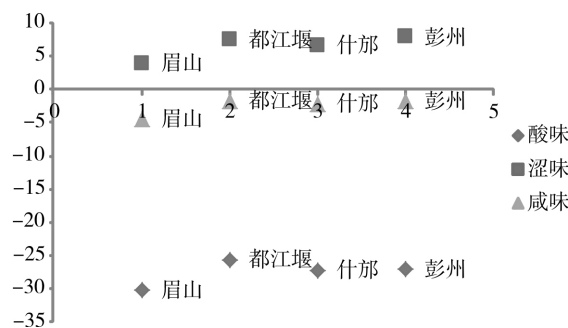


图 5 不同产区、同一加工方法(晒干)川芎在酸味、涩味、咸味上的差异

注:不同产区川芎各味觉信息值取均值后进行差异比较

2.3.3 同一产区(眉山)、不同加工方法川芎的味觉信息比较:由图 6 可知,同一产区(眉山)、不同加工方法川芎的味觉差异主要体现在酸味、涩味、咸味,而在苦味、鲜味、苦味回味、涩味回味、丰富度差异较小。由图 7 可知,酸味:晒干>炕干;涩味:炕干>晒干;咸味:炕干>晒干。

2.3.4 川芎药材优、劣品的味觉信息比较:由图 8 可知,川芎的优、劣品在各味觉信息上的差异均较

小。2.4 不同来源川芎的味觉信息与主要化学成分的相关性分析 本研究使用 SPSS 软件做相关性分析,选取川芎中主要化学成分(绿原酸、川芎嗪、阿魏酸、阿魏酸松柏酯、正丁基苯酞、欧当归内酯 A)与其味觉信息值相关联,以期通过味觉信息初判川芎中主要化学成分含量,进而达到快速鉴别药材品质的目的,结果见表 6、7。

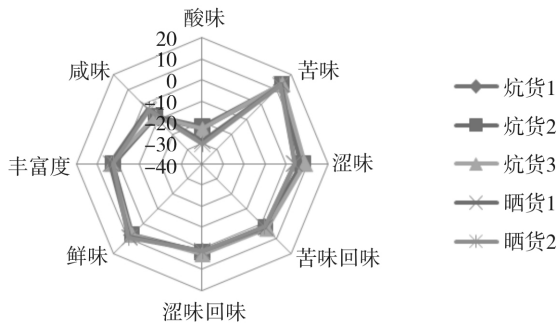


图 6 同一产区(眉山)、不同加工方法川芎的味觉信息雷达图
注:将眉山产区不同加工方法的川芎各味觉信息值取均值后,进行比较;炕货 1 指表 1 中样品 1、2、3 的均值,炕货 2 指表 1 中样品 4、5、6 的均值,炕货 3 指表 1 中样品 10、11、12 的均值;晒货 1 指表 1 中样品 7、8、9 的均值;晒货 2 指表 1 中样品 13、14、15 的均值

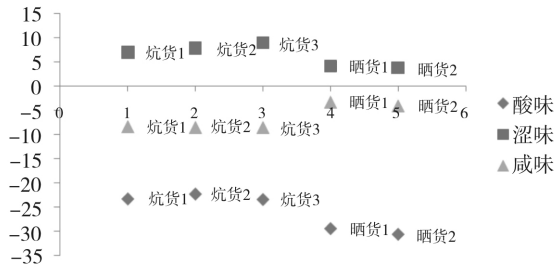


图 7 同一产区(眉山)、不同加工方法川芎在酸味、涩味、咸味上的差异比较

注:将眉山产区不同加工方法的川芎各味觉信息值取均值后,进行比较;炕货 1 指表 1 中样品 1、2、3 的均值,炕货 2 指表 1 中样品 4、5、6 的均值,炕货 3 指表 1 中样品 10、11、12 的均值;晒货 1 指表 1 中样品 7、8、9 的均值;晒货 2 指表 1 中样品 13、14、15 的均值

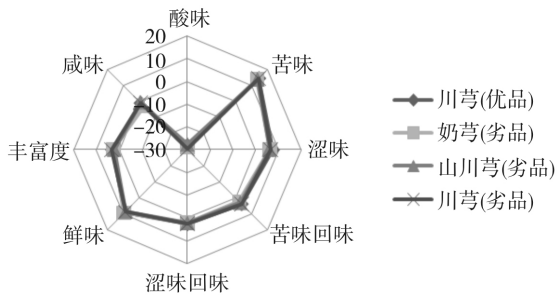


图 8 川芎药材优劣品的味觉信息雷达图

注:将川芎各味觉信息值取均值后进行比较;川芎优品(以药典含量测定标准判定)指表 1 中样品 25、26、27 的均值

表 6 酸味与川芎化学成分相关性分析结果

味觉值	化学成分	相关系数
酸味值	绿原酸	-0.306 [*]
	阿魏酸	-0.398 ^{**}
	阿魏酸松柏酯	0.723 ^{**}

注: * P<0.05 显著; ** P<0.01 极显著

由表 6 可知,不同来源川芎的酸味值与绿原酸含量呈显著负相关,与阿魏酸含量呈极显著负相关,

表明酸味值越高,绿原酸、阿魏酸含量越低。酸味值与阿魏酸松柏酯含量呈极显著正相关,且相关系数较大,为 0.723,大于 0.5,表明酸味值越高,阿魏酸松柏酯含量越高。

由表 7 可知,不同来源川芎的涩味值、涩味回味值与绿原酸含量呈极显著负相关;苦味值与绿原酸含量呈显著负相关。表明苦味值、涩味值、涩味回味值越高,绿原酸含量越低。

表 7 苦味、苦味回味、涩味、涩味回味与川芎化学成分相关性分析结果

味觉值	化学成分	相关系数
苦味值	绿原酸	-0.351 [*]
苦味回味值		-0.239
涩味值		-0.583 ^{**}
涩味回味值	川芎嗪	-0.407 ^{**}
苦味值		0.319 [*]
苦味回味值		0.358 [*]
涩味值	川芎嗪	0.746 ^{**}
涩味回味值		0.606 ^{**}

注: * P<0.05 显著; ** P<0.01 极显著

不同来源川芎的涩味值、涩味回味值与川芎嗪含量呈极显著正相关,且相关系数较大,为 0.746, 0.606,均大于 0.5;苦味值、苦味回味值与川芎嗪含量呈显著正相关。表明苦味值、苦味回味值、涩味值、涩味回味值越高,川芎嗪含量越高。

3 讨论

3.1 本研究采用电子舌将川芎水提液的味道信息数字量化,对不同来源川芎的味觉信息进行比较,发现在等级及优劣品的判别上,川芎样品各味觉信息的差异较小;在产区及加工方法的判别上,味觉信息差异主要体现在酸味、涩味、咸味。结果表明,电子舌技术可用于川芎不同产区和不同加工方法的初步区分。

3.2 本研究采用高效液相色谱法测定川芎中 6 种主要化学成分的含量,采用电子舌测定川芎水提液的味觉信息,探究味道与内在化学成分之间的相关性。结果表明,川芎样品的酸味值与阿魏酸含量呈极显著负相关,与阿魏酸松柏酯含量呈极显著正相关;川芎的涩味值、涩味回味值与绿原酸含量呈极显著负相关,与川芎嗪含量呈极显著正相关。因此,可通过川芎的酸味值初判川芎中阿魏酸、阿魏酸松柏酯的含量,通过涩味值、涩味回味值初判川芎中绿原酸、川芎嗪的含量。

3.3 作为川芎的传统道地产区,四川在栽培技术、生态环境、规格等级、质量等方面均有道地性优势。

本研究收集的川芎在不同规格等级、真伪优劣等方面的样品数量有限,仍需扩充,如此方能作为川芎药材道地性品质特征快速鉴别提供更多科学依据,进一步证明此方法的合理性。

参 考 文 献

- [1] 付智慧,李淑军,刘鹏,等. 电子舌在中药研究中的应用现状及前景展望[J]. 中成药, 2016, 38(11): 2454-2457.
- [2] 曹煌. 基于仿生技术的药味拆分界定表征的初步研究[D]. 天津: 天津医科大学, 2016.
- [3] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[S]. 一部. 北京: 中国医药科技出版社, 2015: 40-41.
- [4] 杨丽红,万丽. 川芎化学成分研究[J]. 时珍国医国药, 2007, 18(7): 1576-1577.
- [5] 杜旌畅,谢晓芳,熊亮. 川芎挥发油的化学成分与药理活性研究进展[J]. 中国中药杂志, 2016, 41(23): 4328-4332.
- [6] 肖永庆,李丽,游小琳,等. 川芎化学成分研究[J]. 中国中药杂志, 2002, 27(7): 519-521.
- [7] 王虎. 不同等级川芎饮片的主要化学成分及其相关研究[D]. 成都: 成都中医药大学, 2012.
- [8] Zou YF, Fu YP, Chen XF, et al. Purification and partial structural characterization of a complement fixating polysaccharide from Rhizomes of *Ligusticum chuanxiong* [J]. *Molecules* 2017, 22(2): E287.
- [9] 梁乙川,郭换,刘素娟,等. 一测多评法测定川芎中 7 种成分含量[J]. 中药材, 2018, 41(1): 140-143.
- [10] 田璐,闫海霞,傅欣彤,等. 一测多评法同时测定川芎、当归饮片中多种化学成分的含量[J]. 药物分析杂志, 2014, 34(5): 848-855.
- [11] 姚宗玲,杜守颖,陆洋,等. RP-HPLC 同时测定不同来源川芎中 5 种有效成分的含量[J]. 中国中药杂志, 2010, 35(20): 2696-2699.
- [12] 银玲. 基于产地演变的川芎药材品质评价研究[D]. 成都: 成都中医药大学, 2013.