

电子舌技术在鉴别川牛膝中的应用^A

王斌^{1*}, 刘维², 裴瑾^{1#}, 王黎¹, 胡静¹, 唐小慧¹ (1. 成都中医药大学药学院, 成都 611137; 2. 四川省好医生药业集团有限公司, 成都 610036)

中图分类号 R284 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2017)36-5126-05
DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2017.36.23

摘要 目的: 建立鉴别川牛膝“味”的方法。方法: 采用电子舌技术。采集温度为25℃, 采集时间为120 s, 采集周期为1 s, 搅动速度为1 r/s, 清洗液为纯化水。以电子舌传感器第120 s所得响应值为“味”分析数据, 通过主成分(PC)分析、判别因子(DF)分析对获取的“味”相关数据进行处理, 以此区分川牛膝药材及其混淆品, 以及川牛膝药材的不同产地、不同生长年限及其市售商品的不同批次。结果: 1批川牛膝药材及其4批混淆品判别因子(DF)相差较大; 四川宝兴、金口河、天全产药材样品可聚为一类; 1、2年生与3、4年生药材样品DF相差较大; 不同批次市售商品DF相差较大。结论: 川牛膝药材及其混淆品、不同产地川牛膝药材、不同生长年限川牛膝药材及其不同批次市售商品的“味”存在显著差异; 电子舌技术能快速区分上述类别药材的“味”。

关键词 川牛膝; 电子舌技术; 鉴别; 主成分; 判别因子

Application of the Electronic Tongue in the Identification of *Cyathula officinalis*

WANG Bin¹, LIU Wei², PEI Jin¹, WANG Li¹, HU Jing¹, TANG Xiaohui¹ (1. College of Pharmacy, Chengdu University of TCM, Chengdu 611137, China; 2. Sichuan Good Doctor Pharmaceutical Group, Chengdu 610036, China)

ABSTRACT OBJECTIVE: To establish the method for “taste” identification of *Cyathula officinalis*. METHODS: The “taste” of *C. officinalis* was detected by using electronic tongue: sampling temperature of 25 °C, sampling time of 120 s, sampling period of 1 s, rolling speed of 1 r/s, cleaning solution of purified water. The response value of electronic tongue sensor at 120 s were used as “taste” analysis data and obtained “taste” related data was analyzed through principal component (PC) analysis and discriminant factor (DF) analysis. *C. officinalis* and its adulterants, *C. officinalis* from different regions, different ages and different batches were distinguished. RESULTS: There was significant difference in DF between one batch of *C. officinalis* and 4 batches of adulterants. The samples from Sichuan Baoxing, Jinkouhe, Tianquan could be clustered together. There was significant difference in DF be-

- 中国实验方剂学杂志, 2011, 17(17): 110-111. [8] 姜舜尧. HPLC法测定3种含补骨脂中成药中补骨脂素和异补骨脂素的含量[J]. 中成药, 2000, 22(4): 293-294.
- [2] 张俊燕. HPLC法测定腰痛片中阿魏酸的含量[J]. 黑龙江医药, 2008, 21(3): 3-4. [9] 姜辉, 王玉, 付连浩. HPLC法同时测定精制冠心颗粒中5种成分的含量[J]. 中国药房, 2016, 27(30): 4261-4264.
- [3] 梁艳芬. HPLC法同时测定腰痛片中芍药苷的含量[J]. 广东药学院学报, 2008, 24(1): 21-22. [10] 孙彦超, 李欣, 杜红岩, 等. RP-HPLC测定杜仲叶中京尼平苷酸、绿原酸、京尼平苷的含量[J]. 中成药, 2009, 31(10): 1608-1609.
- [4] 李进飞, 郭景文, 史宪海. HPLC法同时测定腰痛片中芍药苷、川续断皂苷VI、补骨脂素和异补骨脂素的含量[J]. 药物分析杂志, 2015, 35(6): 1099-1104. [11] 彭密军, 张敏, 刘建兰, 等. 高效液相色谱法测定杜仲颗粒中京尼平苷酸和绿原酸的含量[J]. 中国医院药学杂志, 2005, 25(4): 300-302.
- [5] 王栋, 胡寿荣, 陈伟康. 腰疼丸中补骨脂素和异补骨脂素的含量测定[J]. 中国实验方剂学杂志, 2004, 10(1): 16-17. [12] 刘慧, 张盛, 刘仲华. HPLC法同时测定杜仲皮中京尼平苷酸、绿原酸、京尼平苷和松脂醇二葡萄糖苷[J]. 中草药, 2012, 43(8): 1547-1549.
- [6] 陈斌, 陈伟, 杨根金, 等. SFE-CGC法测定腰痛片中主要成分的含量[J]. 中国药学杂志, 2000, 35(10): 50-52. [13] 周修腾, 何伟, 李勇, 等. 杜仲中松脂醇二葡萄糖苷的测定[J]. 中成药, 2013, 35(1): 118-120.
- [7] 田永华, 钱叶, 俞圆, 等. HPLC法测定腰痛片中补骨脂素和异补骨脂素的含量[J]. 中成药, 2007, 29(8): 12-13. [14] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 一部[S]. 2015年版. 北京: 中国医药科技出版社, 2015: 165-166.
- [15] 杜伟峰, 丛晓东, 蔡宝昌. HPLC-ESI/MS法测定续断“发汗”前后绿原酸和川续断皂苷VI的含量[J]. 药物分析杂志, 2013, 33(1): 112-115.

^A 基金项目: 四川省中医局川牛膝种质资源保存和评价研究项目(No.2014F009); 四川省科技部道地药材牛膝、乌头、川芎特征数据的收集和整理(No.2015FY111500-140); 中药资源四川省青年科技创新研究团队项目(No.2015TD0028)

* 硕士研究生。研究方向: 中药资源及中药质量评价。E-mail: 371642163@qq.com

通信作者: 教授, 博士生导师。研究方向: 中药资源及中药质量评价。E-mail: peixjin@163.com

(收稿日期: 2017-05-08 修回日期: 2017-07-05)

(编辑: 刘柳)

tween annual or biennial samples and triennial or quadrennial samples. There was also significant difference in DF among different batches. CONCLUSIONS: The “taste” is different significantly between *C. officinalis* and its adulterants, among different regions, different ages and different batches of samples. Electronic tongue can quickly distinguish “taste” of above medicinal materials.

KEYWORDS *Cyathula officinalis*; Electronic tongue method; Identification; Principal component; Discriminant factor

川牛膝为川产道地常用中药,来源于苋科杯苋属多年生草本植物川牛膝 *Cyathula officinalis* Kuan 的干燥根,临床用于治疗血滞经闭、风湿痹痛、跌打损伤等症^[1]。目前川牛膝药材市场鱼龙混杂,不同产地、不同生长年限的市售商品掺杂流通、良莠不齐。在辨别川牛膝质量优劣的传统经验里,形态特征鉴别是其手段之一,但像“川牛膝根长圆柱形,微扭曲;麻牛膝根长圆锥形,常扭曲;土牛膝根圆柱形,弯曲;怀牛膝根圆柱形,稍弯曲”^[2]等相差无几的形态特征描述常常使其中的尺度难以精确把握,形态鉴定者无从下手,故依靠形态特征判别难以达到择优去拙、监管市场的目的。川牛膝因其味甜,又称甜牛膝^[3],而味与牛膝的基源有着微妙的关系,例如川牛膝“味甜”,麻牛膝“味微甜后苦麻”,土牛膝“味微甜”,怀牛膝“味苦而甘”^[4-5]。不仅如此,川牛膝药材甜味的差异还与产地、生长年限等诸多因素有关^[6]。故除形态特征判别外,鉴别川牛膝药材的传统经验方法中也常常利用味道的差异对其优劣正伪进行区分。

以“差之毫厘谬以千里”来形容川牛膝药材的味道鉴别并不为过,虽然川牛膝药材的味道差异能够体现川牛膝药材自身的质量,但仅仅依靠鉴定人的“口尝”难以品味出这种味道之间的微妙关系,并且人为的“口尝”鉴定往往还受鉴定者自身主观因素的影响,判定结果并不客观准确。电子舌技术是近年来发展起来的一种分析识别液体“味道”的新型检测手段,也被称为味觉传感器技术或人工味觉识别技术^[7],已在食品饮料、茶叶、酒类区分和环境分析^[8-12]中有了一定的应用研究基础。将此技术手段用于川牛膝药材味道的区分鉴别研究领域中,不仅克服了传统“口尝”法欠客观、欠准确等缺点,也把经验鉴别转化为了客观数据,使得川牛膝药材的味道鉴别法更加科学准确。

1 材料

1.1 仪器

α-ASTREE II 型电子舌检测仪(法国 Alpha M.O.S 公司);TW-2000W 型电炉(郫县永信电器厂);CPA225D 型电子分析天平(德国 Sartorius 公司)。

1.2 药材

本试验野外药材样品的采收采用平行采样法,分别采集于四川省和重庆市各区县;栽培药材样品采集于湖南、湖北、重庆、四川等地;市售药材样品购于成都荷花池药材市场,安徽亳州药材市场及某些药房、饮片公司。以上药材均经成都中医药大学药学院裴瑾教授鉴定为川牛膝(杯苋属植物川牛膝 *C. officinalis* Kuan)、麻牛膝(苋属植物头花杯苋 *C. capitata* Moq)、杂牛膝

(*C. officinalis* *Cyathulacpitata*)、怀牛膝(苋科牛膝属 *Achyranthes bidentate* Blume)、土牛膝(苋科牛膝属 *A. aspera* L.),详见表 1。标本现保存于成都中医药大学药学院。

表 1 川牛膝药材来源

Tab 1 Sources of *C. officinalis*

批号	采收地址	品种	来源	日期
CNX001	四川省攀枝花市米易县	<i>C. officinalis</i> Kuan	野生	2014.10
CNX002	四川省攀枝花市米易县	<i>A. aspera</i> L.	野生	2014.10
CNX003	四川省攀枝花市米易县	<i>C. officinalis</i> Kuan	野生	2014.10
CNX004	四川省攀枝花市米易县	<i>C. officinalis</i> Kuan	野生	2014.10
CNX005	四川省攀枝花市米易县	<i>C. officinalis</i> Kuan	野生	2014.10
CNX006	四川省攀枝花市米易县	<i>C. officinalis</i> Kuan	野生	2014.10
CNX007	四川省绵阳市北川县	<i>A. aspera</i> L.	野生	2014.10
CNX008	四川省绵阳市北川县	<i>A. aspera</i> L.	野生	2014.10
CNX009	四川省绵阳市安县	<i>A. aspera</i> L.	野生	2014.10
CNX010	四川省绵阳市梓潼县	<i>A. aspera</i> L.	野生	2014.10
CNX011	湖南省邵阳市隆回县	<i>C. officinalis</i> Kuan	栽培(1年)	2014.11
CNX012	湖南省邵阳市隆回县	<i>C. officinalis</i> Kuan	栽培(2年)	2014.11
CNX013	湖北省恩施湖北民族学院	<i>C. capitata</i> Mop	栽培(1年)	2014.11
CNX014	湖北省恩施湖北民族学院	<i>A. aspera</i> L.	栽培(1年)	2014.11
CNX015	湖北省恩施宣恩县	<i>C. officinalis</i> Kuan	栽培(3年)	2014.11
CNX016	湖北省恩施板桥镇	<i>C. officinalis</i> Kuan	栽培(2年)	2014.11
CNX017	重庆市奉节县	<i>C. officinalis</i> Kuan	栽培(1年)	2014.11
CNX018	重庆市巫山县	<i>C. officinalis</i> Kuan	栽培(2年)	2014.11
CNX019	重庆市巫溪县	<i>C. officinalis</i> Kuan	栽培(2年)	2014.11
CNX020	四川省雅安市天全县	<i>C. officinalis</i> Kuan	栽培(2年)	2014.11
CNX021	四川省雅安市天全县	<i>C. officinalis</i> Kuan	栽培(3年)	2014.11
CNX022	四川省雅安市天全县	<i>C. officinalis</i> Kuan	栽培(7年)	2014.11
CNX023	四川省雅安市宝兴县	<i>C. officinalis</i> Kuan	栽培(3年)	2014.11
CNX024	四川省雅安市宝兴县	<i>C. capitata</i> Mop	栽培(3年)	2014.11
CNX025	四川省乐山市金口河区	<i>C. officinalis</i> Kuan	栽培(1年)	2014.11
CNX026	四川省乐山市金口河区	<i>C. officinalis</i> Kuan	栽培(2年)	2014.11
CNX027	四川省乐山市金口河区	<i>C. officinalis</i> Kuan	栽培(3年)	2014.11
CNX028	四川省乐山市金口河区	<i>C. officinalis</i> Kuan	栽培(4年)	2014.11
CNX029	四川省乐山市金口河区	<i>C. officinalis</i> <i>Cyathulacpitata</i>	栽培(2年)	2014.11
CNX030	四川省乐山市金口河区	<i>C. officinalis</i> Kuan	栽培(3年)	2014.11
CNX031	四川省乐山市金口河区	<i>C. officinalis</i> <i>Cyathulacpitata</i>	栽培(3年)	2014.11
CNX032	四川省乐山市金口河区	<i>C. officinalis</i> Kuan	栽培(2年)	2014.11
CNX033	四川省乐山市金口河区	<i>C. officinalis</i> Kuan	栽培(4年)	2014.11
CNX034	四川省雅安市荥经县	<i>C. officinalis</i> Kuan	栽培(2年)	2014.11
CNX035	四川省峨眉山市	<i>C. officinalis</i> Kuan	野生	2014.11
CNX036	四川省峨眉山市	<i>A. aspera</i> L.	野生	2015.05
CNX037	四川省峨眉山市	<i>C. capitata</i> Mop	野生	2015.05
CNX038	成都荷花池药材市场	<i>A. bidentata</i> Blume	市售	2015.07
CNX039	成都荷花池药材市场	<i>C. officinalis</i> Kuan	市售	2015.07
CNX040	成都荷花池药材市场	<i>C. officinalis</i> Kuan	市售	2015.07
CNX041	成都荷花池药材市场	<i>A. bidentata</i> Blume	市售	2015.07
CNX042	成都荷花池药材市场	<i>C. capitata</i> Mop	市售	2015.07
CNX043	XX 医院药房	<i>C. officinalis</i> Kuan	市售	2015.08
CNX044	XX 医院药房	<i>A. bidentata</i> Blume	市售	2015.08
CNX045	XX 饮片公司	<i>C. officinalis</i> Kuan	市售	2015.08
CNX046	XX 饮片公司	<i>A. bidentata</i> Blume	市售	2015.08
CNX047	XX 药房	<i>C. officinalis</i> Kuan	市售	2015.08

续表 1
Continued tab 1

批号	采收地址	品种	来源	日期
CNX048	XX药房	<i>A. bidentata</i> Blume	市售	2015.08
CNX049	安徽亳州药材市场	<i>C. officinalis</i> Kuan	市售	2015.07
CNX050	安徽亳州药材市场	<i>A. bidentata</i> Blume	市售	2015.07

2 方法与结果

2.1 供试品溶液的制备

取药材样品适量,切成厚度为0.1~0.2 cm的薄片,称取5 g,置于烧杯中,加水50 mL浸泡30 min,电炉上沸腾后继续煎煮20 min,趁热滤过,滤渣加水50 mL,煎煮10 min,趁热滤过,合并滤液,加水定容至100 mL,经0.45 μm微孔滤膜滤过,取续滤液,即得。

2.2 检测条件

采集温度:25 ℃;采集时间:120 s;采集周期:1 s;搅动速度:1 r/s;清洗液:纯化水。正式检测前用清洗液清洗传感器10 s,重复3次。电子舌由7个传感器构成,每个样品测定7次,以第120 s所得的稳定数据作为输出值,由于传感器刚开始测量时响应值存在波动,测定2~3次后结果趋于稳定,故选取3次后的测量数据作为分析数据,详见图1。

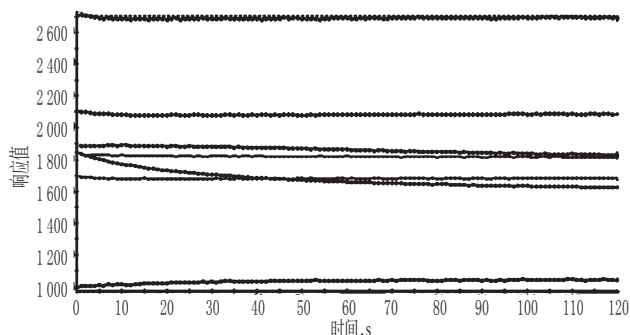


图1 药材样品电子舌传感器响应曲线

Fig 1 Corresponding intensity curve of electronic tongue sensor of samples

2.3 精密度试验

取“2.1”项下供试品溶液(批号:CNX011)适量,按“2.2”项下检测条件平行进样测定6次,记录传感器响应值。结果,各传感器响应值的RSD<1.0%,表明方法精密度良好。

2.4 药材主成分(PC)与判别因子(DF)分析

2.4.1 川牛膝药材及其混淆品“味”的PC与DF分析
取川牛膝药材及其混淆品供试品溶液适量,按“2.2”项下检测条件平行进样测定6次,记录传感器响应值。可得1个矩阵,以药材样品作为矩阵的行,传感器响应值作为矩阵的列(下同),分别进行PC与DF分析,详见图2、图3。

由图2、图3可知,第一PC(PC1)和第二PC(PC2)的总贡献率为86.86%,1批川牛膝药材和4批混淆品分别落在了PC二维图中不同的5个区域;川牛膝、麻牛膝和杂牛膝药材样品的响应值相近,而怀牛膝、土牛膝和川

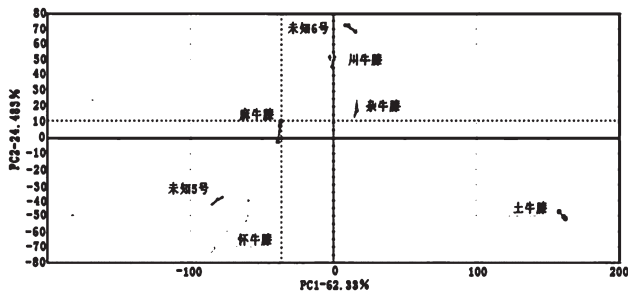


图2 川牛膝药材及其混淆品“味”的PC图

Fig 2 PC plots of “taste” for *C. officinalis* and their adulterants

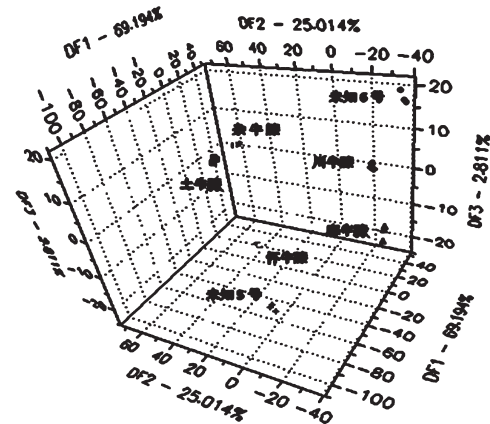


图3 川牛膝药材及其混淆品“味”的DF图

Fig 3 DF plots of “taste” for *C. officinalis* and their adulterants

牛膝药材样品的响应值相差较大。第一DF(DF1)、第二DF(DF2)和第三DF(DF3)总贡献率为97.02%;1批川牛膝药材和4批混淆品分别落在了DF三维图中不同的3个区域;表明各药材样品间响应值相差较大。对未知5号样、未知6号样进行检测并判定,与药材样品实际收集的品种相符,因此该模型判定结果可靠。

2.4.2 不同产地川牛膝药材“味”的PC与DF分析
取不同产地川牛膝药材供试品溶液适量,按“2.2”项下检测条件平行进样测定6次,记录传感器响应值。得1个矩阵,分别进行PC与DF分析,详见图4、图5。

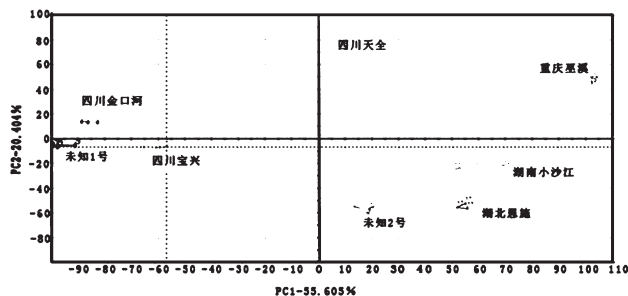


图4 不同产地川牛膝药材“味”的PC图

Fig 4 PC plots of “taste” for *C. officinalis* from different regions

由图4、图5可知,PC1和PC2的总贡献率为76.01%,6批不同产地的川牛膝药材分别落在PC二维

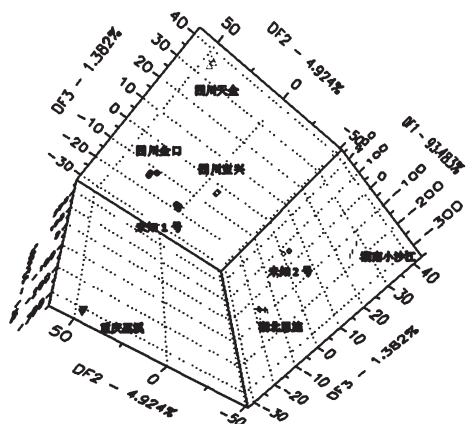


图5 不同产地川牛膝药材“味”的DF图

Fig 5 DF plots of “taste” for *C. officinalis* from different regions

图中的6个区域。DF1、DF2和DF3总贡献率为99.79%，6批不同产地的川牛膝药材分别落在DF三维图中的3个区域，重庆、湖南、湖北产地药材样品响应值相近，聚为一类，四川宝兴、金口河、天全产地药材样品响应值相近，聚为一类。对未知1号样、未知2号样进样检测并判定，与药材样品实际采样地相符，因此该模型判定结果可靠。

2.4.3 不同生长年限川牛膝药材“味”的PC与DF分析

取不同生长年限川牛膝药材供试品溶液适量，按“2.2”项下检测条件平行进样测定6次，记录传感器响应值。得1个矩阵，分别进行PC与DF分析，详见图6、图7。

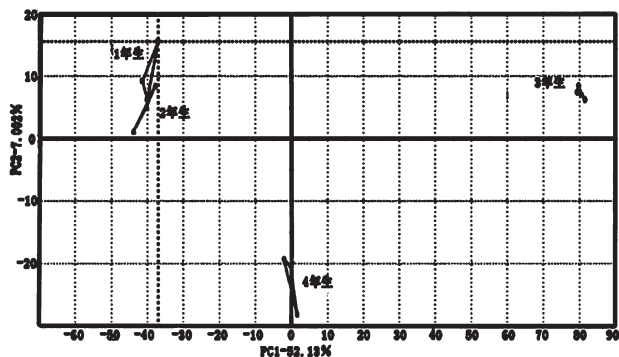


图6 四川金口河地区不同年限川牛膝药材“味”的PC图
Fig 6 PC plots of “taste” for *C. officinalis* from Sichuan Jinkouhe district with different ages

由图6、图7可知，PC1和PC2的总贡献率为99.18%，4批不同生长年限的川牛膝药材分别落在了PC二维图中的4个区域；DF1、DF2和DF3总贡献率为99.92%，4批不同生长年限的川牛膝药材分别落在了DF三维图中的3个区域；1年生与2年生川牛膝药材响应值相近，表明前两者与3年生、4年生川牛膝药材样品响应值相差较大。对未知3号样、未知4号样进样检测并判定，与药材样品实际生长年限相符，因此该模型判定结果可靠。

2.4.4 不同批次川牛膝药材市售商品“味”的PC与DF

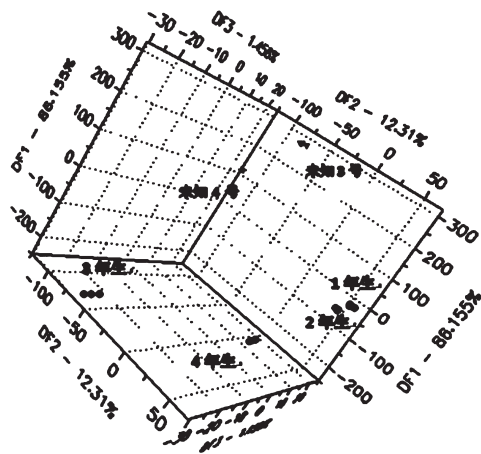


图7 四川金口河地区不同生长年限川牛膝药材“味”的DF图

Fig 7 DF plots of “taste” for *C. officinalis* from Sichuan Jinkouhe district with different ages

分析 取不同批次川牛膝药材市售商品供试品溶液适量，按“2.2”项下检测条件平行进样测定6次，记录传感器响应值。得1个矩阵，分别进行PC与DF分析，详见图8、图9。

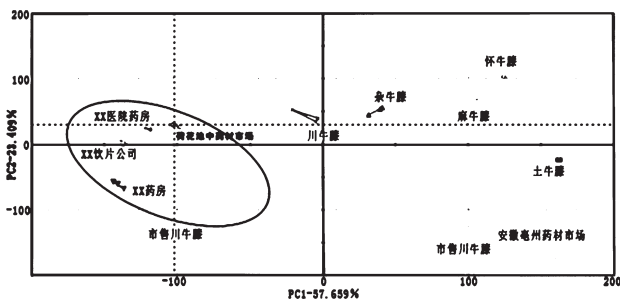


图8 川牛膝药材市售商品“味”的PC图

Fig 8 PC plots of “taste” for commercially available *C. officinalis*

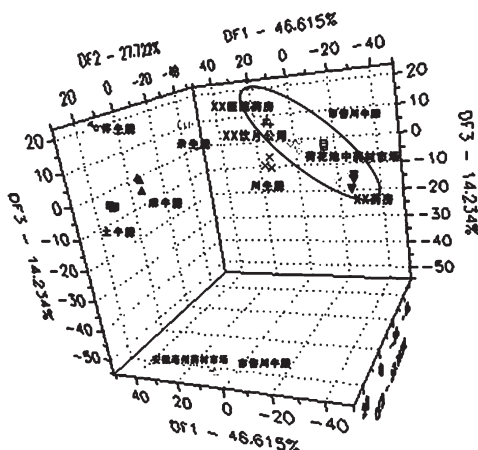


图9 川牛膝药材市售商品“味”的DF图

Fig 9 DF plots of “taste” for commercially available *C. officinalis*

由图8、图9可知，PC1和PC2的总贡献率为81.07%，7批川牛膝药材市售商品分别落在了PC二维

图中不同的7个区域; DF1、DF2和DF3总贡献率为88.57%,7批川牛膝药材市售商品分别落在了DF三维图中不同的3个区域;表明不同批次市售商品之间响应值具有一定差异,个别市售药品可能为川牛膝混淆品。

3 讨论

由于各地用药习惯不同,市场上常出现各种混淆品种,而正品川牛膝药材与其混淆品在根的形态上又大同小异,肉眼难辨真伪。电子舌技术在解决该难点上具有自身优势。通过PC给出的响应值数据不难发现,土牛膝、杂牛膝、麻牛膝、怀牛膝药材各自的响应值与川牛膝药材具有明显的差异,利用建立的DF判别模型对未知样品进行判定,结果也与实际相符;加之,本课题组通过电子舌技术对川牛膝药材市售商品进行分析鉴定,结果都达到了成功鉴别川牛膝药材混淆品的理想效果。

道地药材是传统公认的来源于特定产地的名优正品药材,是中药材精神之所在^[13]。然而随着药材种植业的发展,异地引种现象日益突出,导致品质优异的道地药材与品质低劣的非道地药材一同流入市场,药材质量混乱不堪。川牛膝药材的道地产区位于四川天全与金口河^[14],通过PC分析可知,道地产区样品的响应值彼此接近聚为一类,与湖南、湖北、重庆等非道地产区的响应值之间具有差别。本研究建立的DF判别模型也能准确地识别未知药材样品的产区来源,表明PC分析可准确地区分不同产区的川牛膝药材。

生长年限是决定川牛膝药材质量的一个重要因素,川牛膝多糖、杯苋甾酮等有效活性成分的含量随着生长年限的延长而提高,并在3年以后趋于相对稳定^[15]。但在经济利益的驱使下,一些种植户将生长年限低于3年的川牛膝药材提前采收贩卖,在市场中这种不合格的川牛膝药材属于次品,相应的,具有3年及3年以上生长年限的川牛膝药材被列为佳品。佳品与次品在PC分析中响应值具有明显的差别。笔者发现1年生与2年生药材样品响应值相似,与3年及3年以上生的药材样品形成了明显的差别,建立的DF判别模型对未知药材样品进行了成功判别,准确区分出了次品,与实际相符。这说明电子舌技术具有区分不同生长年限川牛膝药材的能力。

综上所述,本试验利用电子舌技术初步实现了对川

牛膝药材及其混淆品,不同产地、不同生产年限药材以及不同批次川牛膝药材市售品的区分,不仅为丰富和发展川牛膝药材传统经验鉴别增添了新的思路,同时也对未来川牛膝药材的市场监管及其产业健康发展提供了一定的技术理论保障。

参考文献

- [1] 国家药典委员会.中华人民共和国药典:一部[S].2015年版.北京:中国医药科技出版社,2015:38-39.
- [2] 谢宗万.中药材品种论述:中[M].上海:上海科学技术出版社,1991:408-410.
- [3] 高宾,赵丹.川牛膝的性状鉴别与炮制加工[J].首都医药,2011,18(17):50-52.
- [4] 吴向莉.川牛膝与麻牛膝的鉴别[J].贵阳中医学院学报,2000,22(1):62-64.
- [5] 何显玲.牛膝与川牛膝及土牛膝鉴别应用[J].实用中医药杂志,2013,29(2):136-137.
- [6] 赵变,常珍珍,史彪,等.怀牛膝药材的HPLC指纹图谱研究[J].中国药房,2011,22(39):3699-3703.
- [7] 杜瑞超,王优杰,吴飞,等.电子舌对中药滋味的区分辨识[J].中国中药杂志,2013,38(2):154-159.
- [8] Nikola M, Ksenija M, Marina K, *et al.* Rapid honey characterization and botanical classification by an electronic tongue[J].*Talanta*,2011,85(1):569-574.
- [9] 姜莎,陈芹芹,胡雪芳,等.电子舌在红茶饮料区分辨识中的应用[J].农业工程学院学报,2009,25(11):345-348.
- [10] 陈全胜,江水泉.基于电子舌技术和模式识别方法的茶叶质量等级评判[J].安全与检测,2008,24(1):124-126.
- [11] 王俊,姚聪.基于电子舌技术的葡萄酒分类识别研究[J].传感技术学报,2009,22(8):1088-1093.
- [12] 黄星奕,张春霞.应用电子舌技术识别水体的水华污染程度[J].江苏大学学报(自然科学版),2010,51(5):506-509.
- [13] 孟祥才,陈士林,王喜军.论道地药材及栽培产地变迁[J].中国中药杂志,2011,36(13):1687-1691.
- [14] 谭玉柱,陈宝华,李敏,等.川牛膝不同品种的品质评价[J].中成药,2012,34(9):1770-1773.
- [15] 刘维,张祎楠,康亚兰,等.川牛膝品种与品质的灰色关联度分析研究[J].中国药学杂志,2014,49(20):1796-1801.

(收稿日期:2017-07-30 修回日期:2017-06-08)

(编辑:张静)