

蹄叶橐吾功能饮料的制备及其智能感官分析

刘方哲¹, 于润美¹, 姜燕^{1,2}, 于继胤¹, 尤婷婷³

(1. 长春工业大学化学与生命科学学院, 吉林长春 130012) (2. 大理大学公共卫生学院, 云南大理 671000)

(3. 哈尔滨商业大学食品工程学院, 黑龙江哈尔滨 150028)

摘要: 采用模糊数学感官评价法优化蹄叶橐吾功能饮料的配方, 得出最优配方为: 蹄叶橐吾添加量 8.0 g/L, 罗汉果添加量 6.0 g/L, 蔗糖添加量 40.0 g/L, 甘草添加量 1.0 g/L, 此时的产品感官评分最高。运用电子鼻和电子舌技术测定蹄叶橐吾饮料和 4 种不同品牌饮料的气味和滋味, 对所得数据进行主成分分析 (PCA) 和线性判别分析 (LDA), 得出 PCA 和 LDA 的第一、二组分总贡献率分别为 99.1%、98.1% 和 87.22%、93.0%, 均大于 85%, 在一定程度上可以反映样品整体情况。不同样品在 PCA 图和 LDA 图中的分布区域不同, 表明样品间有较明显区分。与电子鼻相比, 电子舌检测所得的同一种样品的分布点更加集中, 不同种样品的分布区域较为分散, 表明电子舌的检测区分度更高。蹄叶橐吾饮料与市面上销售的同类产品相比, 气味和滋味有明显区别, 丰富了饮料的多样性。

关键词: 蹄叶橐吾; 饮料; 模糊数学法; 电子鼻; 电子舌

文章编号: 1673-9078(2018)06-174-179

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2018.6.024

Preparation and Intelligent Sensory Analysis of Hoof Leaf Ligularia Functional Beverages

LIU Fang-zhe¹, YU Run-mei¹, JIANG Yan^{1,2}, YU Ji-yin¹, YOU Ting-ting³

(1. School of Chemistry and Life Sciences, Changchun University of Technology, Changchun 130012, China)

(2. School of Public Health, Dali University, Dali 671000, China) (3. College of Food Engineering, Harbin University of Commerce, Harbin 150028, China)

Abstract: Sensory evaluation and fuzzy mathematics method were used to optimize the formula of *hoof leaf ligularia* functional beverage, the optimal formulas were as follows: 8.0 g/L of *hoof leaf ligularia*, 6.0 g/L of *fructus momordicae*, 40.0 g/L of sucrose, and 1.0 g/L of licorice. Electronic nose and tongue techniques were used to evaluate the odor and flavor of *hoof leaf ligularia* beverage and other four kinds of commercial functional drinks. Principal component analysis (PCA) and linear discriminant analysis (LDA) were used to investigate data. The total contribution rate of the first and second components of PCA were 99.1% and 98.1%, respectively, and LDA were 87.22% and 93.0%, respectively. They were all greater than 85% which indicated that the first and second components could represent the whole sample to some extent. The distribution areas of different samples in PCA and LDA diagrams were different, demonstrating that there were clear distinctions between the samples. Compared with the electronic nose, the data distribution of the same test sample detected by electronic tongue was more concentrated, and the distribution areas of different kinds of samples were more scattered, indicating that the discrimination of electronic tongue was more effective. Compared with the similar products sold on the market, the odor and flavor of *hoof leaf ligularia* functional beverage was different, which enriched the diversity of beverage.

Key words: *hoof leaf ligularia*; beverage; fuzzy mathematics method; electronic nose; electronic tongue

蹄叶橐吾又名马蹄叶, 含有大量的臭根醇、六氢二甲基亚甲基环癸并呋喃酮及异蜂斗菜酮等活性倍半萜类化合物^[1,2]。朝鲜族民间用蹄叶橐吾叶作开胃和化

收稿日期: 2018-01-14

基金项目: 长春工业大学大学生创新创业项目 (2017cxxy175)

作者简介: 刘方哲 (1997-), 男, 学士, 研究方向: 天然产物提取及功能食品研究

通讯作者: 姜燕 (1981-), 女, 博士, 副教授, 研究方向: 天然产物提取及功能食品研究

痰的山野菜膳食, 具有一定的营养和生理调节功能。有研究表明蹄叶橐吾的叶片提取物具有镇咳祛痰、抗炎抑菌^[3,4]和抗氧化^[5,6]的作用。本研究将具有清咽润喉作用的 3 种原料: 蹄叶橐吾、罗汉果和甘草按一定比例熬煮制备蹄叶橐吾饮料, 以期缓解不良环境对人咽喉部的影响。

饮料感官评价的重点是饮料的气味和滋味^[7], 多采用气相色谱-质谱联用法^[8]和感官分析进行评价。饮料的感官评价一般包括色泽、气味、口感和液体状态

等,在性状描述中难以具体区分,具有一定的模糊性,人为误差大、重复性差,传统感官评价存在一定的误差^[9]。模糊数学感官评价法^[10]综合考虑较多的评定因素,减少评价主体间的主观评定误差,建立一个反映其本质特征的理想模式,使评定结果更加科学和客观,在食品的感官评定中广泛应用^[11,12]。

同时,采用智能感官分析技术,模拟人的鼻子和舌,“感受到”目标物的气味和滋味,并将化学信号转换成数字信号,与其自身数据库中的信息进行对比分析^[13-15]。相较于人的鼻子和舌,智能感官分析技术具有安全、快速、便于重复和检测结果可靠的优点^[16]。国内外已有用电子鼻或电子舌检测区分不同配方、加工工艺或不同品牌的橘子汁^[17]、苹果汁^[18]和碳酸饮料^[19]等产品品质的报道。本文采用模糊数学感官评价法优化蹄叶橐吾饮料的配方,同时将电子鼻和电子舌技术用于蹄叶橐吾饮料与市售同类功能饮料的智能感官分析。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

蹄叶橐吾,吉林省延边市;罗汉果,云南省桂林市;甘草,甘肃省桐乡市;蔗糖,大连林梅食品有限公司。

JE502 电子分析天平,上海浦春计量仪器有限公司;GYB30-60 高压均质机最大压力 60 MPa 上海诺尼轻工机械有限公司;HH-4 数显恒温水浴锅,控温精度 ± 0.5 °C,江苏金坛医疗器械厂;Smartnose 电子鼻 Smartongue 电子舌电压-10~10 V,上海昂申智能科技有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 工艺流程

蹄叶橐吾、罗汉果和甘草→除杂→清洗→切碎→浸泡→煎煮→粗滤→调配→精滤→均质→灭菌→冷却→成品

1.2.2 操作要点

1.2.2.1 选料

去掉有虫蛀、破损、枯黄的叶片,并折去叶柄,选取颜色清绿、形状完整的蹄叶橐吾叶片为原料,用清水冲洗去除泥沙等杂质。罗汉果敲碎,选取气味良好的罗汉果果实用水冲洗除杂。选取颜色嫩黄的甘草片,用水冲洗除杂。

1.2.2.2 浸泡

将洗好的蹄叶橐吾叶片粉碎,与处理好的罗汉果和甘草一并浸泡 30 min。

1.2.2.3 煎煮

水浴煮沸 1 h。煎煮可提取蹄叶橐吾、罗汉果和甘草中的有效成分,如蹄叶橐吾叶片中的叶多糖^[20]、罗汉果甜苷^[21]和甘草酸^[22]等。

1.2.2.4 过滤

粗滤过 300 目的滤袋。

1.2.2.5 调配

将蔗糖在 80 °C 左右的热水中均匀搅拌溶解,一边搅拌一边加入到滤液中。

1.2.2.6 精滤

醋酸纤维膜真空抽滤,压力为 0.1 MPa。

1.2.2.7 均质

压力 30 MPa,样品温度 30 °C,时间 3 min。

1.2.2.8 灭菌

90 °C, 30 s。

1.2.2.9 冷却

灭菌后室温自然冷却,灌装,得到蹄叶橐吾饮料。

1.2.3 蹄叶橐吾饮料配方优化实验

蹄叶橐吾饮料的风味与原料的配比有密切关系。在预实验的基础上,固定甘草片的用量为 1 g,采用 $L_9(3^4)$ 正交实验对蹄叶橐吾 (A_1 6.0 g、 A_2 7.0 g、 A_3 8.0 g)、罗汉果 (B_1 5.0 g、 B_2 6.0 g、 B_3 7.0 g) 和蔗糖添加量 (C_1 40.0 g、 C_2 45.0 g、 C_3 50.0 g) 进行优化,加水量均为 1000 mL。从色泽、气味、口感和液体状态 4 个方面运用模糊数学感官评价法进行综合评判。

1.2.3.1 感官评定人员的选择

评定小组由 10 名经过感官评价训练的食品科学专业学生组成,男女各 5 人,小组成员身体健康,无吸烟、酗酒等不良嗜好,对色、香、味有较强的分辨力和较好的灵敏度,且 1 d 内没有食用辛辣等刺激性食物。所有样品均采用三位数随机编码,在室温下进行品评^[23]。在感官评定前用温水漱口,且每品评完一组后漱口 3 次,间隔 30 s 后品评下一组。

1.2.3.2 评定论域的确

在进行食品的感官评价时,选择最能反映该食品质量的指标作为评定论域 U。本实验确定产品质量由色泽、气味、口感、液体状态 4 个因素构成,即评价对象的评定论域 $U=(\text{色泽}, \text{气味}, \text{口感}, \text{液体状态})$ 。评语等级论域:对每个因素的评价按 V_1 、 V_2 、 V_3 、 V_4 四个等级评定,即评语等级论域 $V=(V_1, V_2, V_3, V_4)$ 。感官评定参考标准见表 1。

1.2.3.3 模糊数学感官评价法权重的确定

根据色泽、气味、口感、液体状态在蹄叶橐吾饮料感官评价中的作用,采用强制决定法确定各个含量因素的权重,分别为色泽 (0.20)、气味 (0.30)、口感

(0.30)、液体状态 (0.20)，记为 $A = (a_1, a_2, a_3, a_4) = (0.20, 0.30, 0.30, 0.20)$ 。

表 1 模糊数学感官评定参考标准

Table 1 Standard of fuzzy mathematical sensory evaluation

| 项目 | 等级 | 品评标准 |
|------|--------------------|----------------|
| 色泽 | 优 V ₁ | 棕褐色，均匀，透明 |
| | 良 V ₂ | 颜色褐色，均匀，无明显漂浮物 |
| | 合格 V ₃ | 颜色深褐色，不够澄清 |
| | 不合格 V ₄ | 颜色浑浊，有明显漂浮物 |
| 气味 | 优 V ₁ | 甜香，纯正 |
| | 良 V ₂ | 香气过浓或过淡，有轻微药味 |
| | 合格 V ₃ | 中药味明显 |
| | 不合格 V ₄ | 刺鼻中药味道 |
| 口感 | 优 V ₁ | 甜度适中，无苦涩 |
| | 良 V ₂ | 甜度过浓或过淡 |
| | 合格 V ₃ | 有轻微苦涩感 |
| | 不合格 V ₄ | 苦涩感明显 |
| 液体状态 | 优 V ₁ | 无分层、澄清 |
| | 良 V ₂ | 略有沉淀 |
| | 合格 V ₃ | 有沉淀 |
| | 不合格 V ₄ | 沉淀多，分层明显 |

1.2.4 电子鼻检测方法

选取模糊数学法判断出的最优配方饮料（样品 1）与市售的 4 款同类产品：“加多宝”凉茶（样品 2）、“和其正”凉茶（样品 3）、“无限极”润和津露（3 倍水稀释，样品 4）和“王老吉”凉茶（样品 5）进行对比。量取 5 种样品各 10 mL 于电子鼻专用样品瓶中，封口，室温放置 10 min，待挥发性物质达到平衡状态后进行检测，每组样品共测试 6 次。采用动态顶空法采集气体，测定条件：进样流量 1 L/min，检测时间 60 s，等待进样时间为 10 s，平行样品的清洗时间为 60 s，不同样品间的清洗时间为 120 s。统计分析电子鼻系统自带的 14 个不同选择性传感器的检测数据。

1.2.5 电子舌检测方法

将电子舌传感器经过校准后，量取 5 种样品各 15 mL 于电子舌专用烧杯中，按照设置的序列放置在电子舌自动进样器上。试验采用清洗溶液（蒸馏水）和待测样品交替检测序列进行。每种样品检测 6 次，5 种待测样品共检测 30 个样本。用稳定状态下的信号进行分析，取 120 s 处的信号作为分析的时间点。

1.3 统计分析方法

$$Y_1 = A \circ R_1 = (0.2 \ 0.3 \ 0.3 \ 0.2) \circ \begin{bmatrix} 0.8 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.4 & 0.4 & 0 \\ 0.1 & 0 & 0.7 & 0.2 \\ 1.0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} = (0.45 \ 0.16 \ 0.33 \ 0.06)$$

利用 Winmuster 软件对采集到的信息进行主成分分析（PCA）和线性判别分析（LDA），以样本数据聚集程度为依据对样品进行定性判别。

2 结果与分析

2.1 模糊数学感官评定分析

2.1.1 建立模糊矩阵

评定人员对蹄叶藁吾饮料的感官评价结果如表 2 所示。

由表 2 可知，在 10 人对产品的色泽评价中，1 号实验组有 8 人认为是优，2 人认为是良，0 人认为是合格，0 人认为是不合格，则得到 $A_{\text{色泽}} = [0.8 \ 0.2 \ 0 \ 0]$ 。同理得到 $A_{\text{气味}} = [0.2 \ 0.4 \ 0.4 \ 0]$ ， $A_{\text{口感}} = [0.1 \ 0 \ 0.7 \ 0.2]$ ， $A_{\text{液体状态}} = [1.0 \ 0 \ 0 \ 0]$ 。把上面得到的四个单因素的评价结果写成一个矩阵，得到：

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0.8 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.4 & 0.4 & 0 \\ 0.1 & 0 & 0.7 & 0.2 \\ 1.0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \text{ 同理可得到:}$$

$$R_2 = \begin{bmatrix} 0.3 & 0.5 & 0.2 & 0 \\ 0.1 & 0.6 & 0.2 & 0.1 \\ 0.2 & 0.1 & 0.5 & 0.2 \\ 1.0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, R_3 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.3 & 0.2 & 0 \\ 0.4 & 0.6 & 0 & 0 \\ 0.4 & 0.2 & 0.4 & 0 \\ 0.9 & 0.1 & 0 & 0 \end{bmatrix},$$

$$R_4 = \begin{bmatrix} 0.4 & 0.5 & 0.1 & 0 \\ 0.3 & 0.5 & 0.2 & 0 \\ 0.4 & 0.2 & 0.2 & 0.2 \\ 1.0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, R_5 = \begin{bmatrix} 0.5 & 0.5 & 0 & 0 \\ 0.3 & 0.6 & 0 & 0.1 \\ 0.2 & 0 & 0.5 & 0.3 \\ 1.0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix},$$

$$R_6 = \begin{bmatrix} 0.4 & 0.5 & 0.1 & 0 \\ 0.2 & 0.4 & 0.3 & 0.1 \\ 0 & 0.1 & 0.3 & 0.6 \\ 1.0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, R_7 = \begin{bmatrix} 0.4 & 0.4 & 0.2 & 0 \\ 0.3 & 0.4 & 0.3 & 0 \\ 0.3 & 0.3 & 0.3 & 0.1 \\ 1.0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix},$$

$$R_8 = \begin{bmatrix} 0.6 & 0.2 & 0.2 & 0 \\ 0.5 & 0.2 & 0.2 & 0.1 \\ 0.7 & 0.1 & 0.2 & 0 \\ 1.0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, R_9 = \begin{bmatrix} 0.3 & 0.5 & 0.2 & 0 \\ 0.1 & 0.5 & 0.4 & 0 \\ 0 & 0.4 & 0.6 & 0 \\ 0.9 & 0.1 & 0 & 0 \end{bmatrix},$$

作加权系数矩阵 A 与评价矩阵 R 的模糊乘积运算， $Y = A \circ R$ 。为了突出饮料的整体评价，采用 $M(\cdot, \oplus)$ 算子 ($S_k = \min(1, \sum_{j=1}^m u_j r_{jk})$)，确定模糊评判集 Y，按最大隶属度原则进行评判。

则对第 j 号实验组的综合评价结果为： $Y_j = A \circ R_j$ 。因此 1 号实验组的综合评价结果为见公式 1：

$$(1)$$

按此方法对各配方样品的综合模糊评判结果见表3。

表2 模糊数学感官评定实验结果

Table 2 Experimental results of fuzzy mathematical sensory evaluation

| 实验组合 | 色泽 | | | | 气味 | | | | 口感 | | | | 液体状态 | | | | 感官得分* |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|
| | V ₁ | V ₂ | V ₃ | V ₄ | V ₁ | V ₂ | V ₃ | V ₄ | V ₁ | V ₂ | V ₃ | V ₄ | V ₁ | V ₂ | V ₃ | V ₄ | |
| 1 A ₁ B ₁ C ₁ | 8 | 2 | 0 | 0 | 2 | 4 | 4 | 0 | 1 | 0 | 7 | 2 | 10 | 0 | 0 | 0 | 80.00 |
| 2 A ₁ B ₂ C ₂ | 3 | 5 | 2 | 0 | 1 | 6 | 2 | 1 | 2 | 1 | 5 | 2 | 10 | 0 | 0 | 0 | 78.00 |
| 3 A ₁ B ₃ C ₃ | 5 | 3 | 2 | 0 | 4 | 6 | 0 | 0 | 4 | 2 | 4 | 0 | 9 | 1 | 0 | 0 | 83.60 |
| 4 A ₂ B ₁ C ₂ | 4 | 5 | 1 | 0 | 3 | 5 | 2 | 0 | 4 | 2 | 2 | 2 | 10 | 0 | 0 | 0 | 82.30 |
| 5 A ₂ B ₂ C ₃ | 5 | 5 | 0 | 0 | 3 | 6 | 0 | 1 | 2 | 0 | 5 | 3 | 10 | 0 | 0 | 0 | 80.60 |
| 6 A ₂ B ₃ C ₁ | 4 | 5 | 1 | 0 | 2 | 4 | 3 | 1 | 0 | 1 | 3 | 6 | 10 | 0 | 0 | 0 | 77.20 |
| 7 A ₃ B ₁ C ₃ | 4 | 4 | 2 | 0 | 3 | 4 | 3 | 0 | 3 | 3 | 3 | 1 | 10 | 0 | 0 | 0 | 72.80 |
| 8 A ₃ B ₂ C ₁ | 6 | 2 | 2 | 0 | 5 | 2 | 2 | 1 | 7 | 1 | 2 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 84.60 |
| 9 A ₃ B ₃ C ₂ | 3 | 5 | 2 | 0 | 1 | 5 | 4 | 0 | 0 | 4 | 6 | 0 | 9 | 1 | 0 | 0 | 79.30 |

注: *感官得分在文中 2.1.2 中计算。

表3 模糊变换结果

Table 3 Results of fuzzy transformation

| | | |
|--|--|--|
| Y ₁ = (0.45 0.16 0.33 0.06) | Y ₂ = (0.35 0.31 0.25 0.07) | Y ₃ = (0.52 0.32 0.16 0) |
| Y ₄ = (0.49 0.31 0.14 0.06) | Y ₅ = (0.45 0.28 0.15 0.12) | Y ₆ = (0.34 0.25 0.20 0.21) |
| Y ₇ = (0.36 0.29 0.22 0.03) | Y ₈ = (0.68 0.13 0.16 0.03) | Y ₉ = (0.27 0.39 0.34 0) |

2.1.2 评定结论

将模糊向量单值化进行比较排序, 给四个等级 V₁、V₂、V₃、V₄ 依次赋予分值 90、80、70、60。将综合评定结果中各个量分别乘以其对应分值, 并进行加和, 最后可得出每个样品的最终感官得分, 结果列入表 2。例如, 1 号试验组最后的感官总得分 = 0.45×90+0.16×80+0.33×70+0.03×60=80.00。

从表 2 可以看出, 试验 3、4、8 的感官得分相对较高, 均在 82 以上, 处于 V₁ 和 V₂ 之间, 可为消费者所接受, 其中试验 8 (A₃B₂C₁) 感官评分最高, 即蹄叶橐吾 8.0 g/L, 罗汉果 6.0 g/L, 蔗糖 40.0 g/L, 甘草 1.0 g/L, 将此配方作为蹄叶橐吾饮料的最优组合。

2.2 不同品牌饮料的电子鼻分析结果及讨论

利用电子鼻 Winnuster 分析软件对 5 种饮料样品的信号数据进行主成分分析。从 PCA 图 (图 1) 中可以得到主成分 1 的贡献率为 98.3%, 主成分 2 的贡献率为 0.8%, 主成分 1 和 2 的累计贡献率为 99.1%, 大于 85%, 能够反映样品气味的整体信息。图 1 中主成分 1 的方差贡献率远远大于主成分 2 的方差贡献率, 表明样品间在横坐标上的距离越大, 其差异也越大; 而样品在纵坐标上的距离即使很大, 由于主成分 2 的方差贡献率相对较小, 其差异也不会很大。从图 1 可以看出, 1 号样品与其余四组样品分布较远, 在气味上 1 号样品与其他样品区别明显, 4、5 号样品的分布区域分离较近, 两样品在气味上较为相似。2、3 号样品在横坐标上的投影几乎重合, 仅在纵坐标上略有区别, 说明其主要气味比较相似。

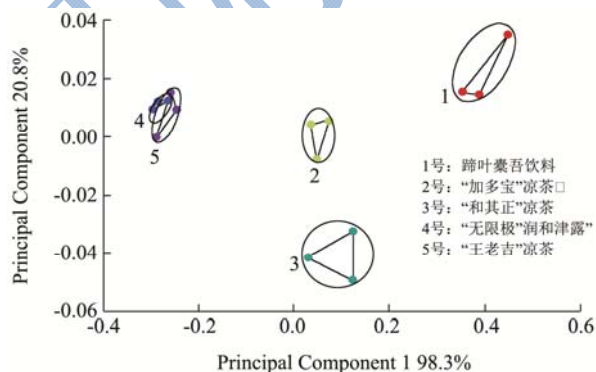


图 1 不同样品电子鼻检测的 PCA 图

Fig.1 PCA plot of different samples detected by i-nose

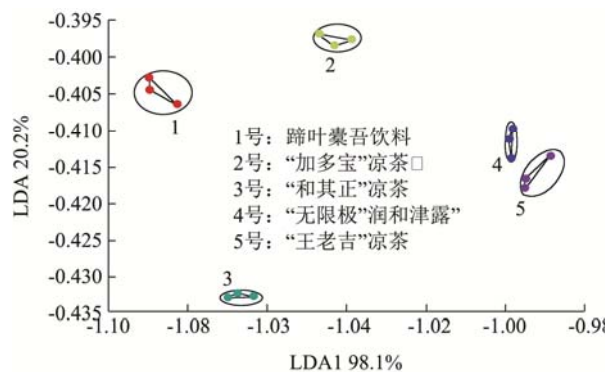


图 2 不同样品电子鼻检测的 LDA 图

Fig.2 LDA plot of different samples detected by i-nose

线性判别分析 (LDA) 结果如图 2 所示。第 1 主成分 (挥发性有机化合物烷类、氮氧化物、硫化物、甲烷类、有机芳香硫化物、醇类) 区分贡献率为 98.1%, 第 2 主成分区分贡献率为 0.2%。第 1 主成分和第 2 主成分总的区分贡献率为 98.3%, 大于 90%, 可以用第 1、2 主成分反映总体信息。从图 2 中可以看出, 相比于 PCA 图, LDA 图能够更好地区分 5 种样品。其中, 4 号和 5 号样品相比于其他样品仍然较为接近, 说明两者的气味在一定程度上具有相似性, 1 号样品与其他的 4 组样品相距较远, 表示 1 号样品具有独特的风味。由于蹄叶橐吾叶片中含有大量的 α -9-十八烷烯醛、 α -金合欢烯、石竹烯等萜类、醇类及酯类等^[24], 故认为是这些具有挥发性的物质决定了蹄叶橐吾样品的特征香气。

2.3 不同品牌饮料的电子舌分析结果及讨论

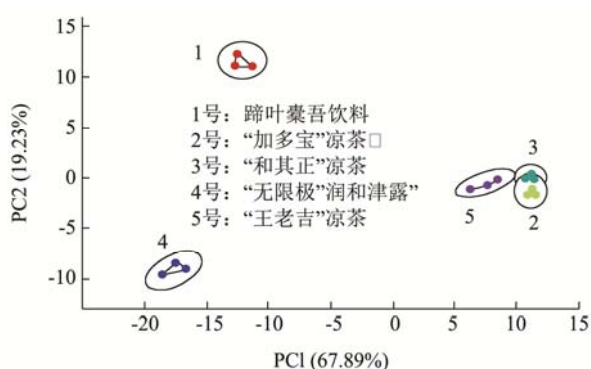


图 3 不同样品的电子舌检测的 PCA 图

Fig.3 PCA plot of different samples detected by i-tongue

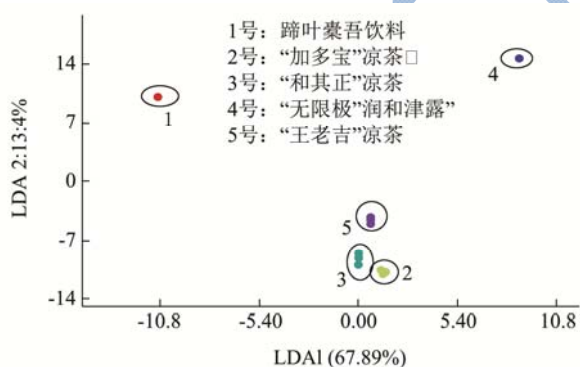


图 4 不同样品的电子舌检测的 LDA 图

Fig.4 LDA plot of different samples detected by i-tongue

图 3 为电子舌检测和区分不同样品的 PCA 图。其中, 第 1 主成分和第 2 主成分的贡献率分别达到 67.89% 和 19.23%。从图中可以看出, 多数样品能较明显地区分开, 其中, 2、3、5 号样品比较接近, 1、4 号样品距离其他样品较远, 说明 2、3、5 号样品在口感上较为接近, 1、4 号样品在口感上与其他 3 个样品均有明显区别。可能是由于蹄叶橐吾叶片中含有大量

的叶多糖如半乳糖醛酸、鼠李糖和半乳糖等^[22], 使其具备了独特风味。

图 4 为电子舌检测和区分不同样品的 LDA 图。其中, 第 1 主成分和第 2 主成分的贡献率分别为 79.6% 和 13.4%, 总贡献率为 93.0%, 大于 90.0%, 说明采集的数据可以代替整体情况。由图看出, 每组样品多次检测得到的样品点分布极为接近, 只在组与组之间有明显的区别。同电子鼻相比, 电子舌的检测图谱中同一种样品的分布点更加集中, 数据的波动范围更窄, 不同样品的分布区域较为分散, 表明电子舌的检测区分度更高。

3 结论

模糊数学感官评定法可以降低人为误差对结果的干扰, 优化蹄叶橐吾饮料的配方为: 蹄叶橐吾添加量 8.0 g/L, 罗汉果添加量 6.0 g/L, 蔗糖添加量 40.0 g/L, 甘草添加量 1.0 g/L。通过电子鼻和电子舌智能感官技术结合主成分分析法 (PCA) 和线性判别分析法 (LDA) 分析, 可以验证本研究所制备的蹄叶橐吾饮料与市面上同类的 4 款饮料相比具有独特的气味和滋味。这可能是由于叶片中特有的叶多糖和具有挥发性的萜类和醇类等物质引起的, 下一步将继续研究决定蹄叶橐吾饮料气味和滋味的成分, 并验证蹄叶橐吾饮料的镇咳祛痰和抗炎抑菌功效。

参考文献

- [1] Park H J, Kwon S H, Yoo K O, et al. Sesquiterpenes from the Leaves of *ligularia fischeri* var. *spiciformis* [J]. *Planta Medica*, 2001, 66(8): 406-410
- [2] Hwang B Y, Lee J H, Koo T H, et al. Kaurane diterpenes from *Isodon japonicus* inhibit nitric oxide and prostaglandin E2 production and NF-kappaB activation in LPS-stimulated macrophage RAW264.7 Cells [J]. *Planta Medica*, 2001, 67(5): 783-784
- [3] 李丽波, 王玉祥, 孙连平, 等. 蹄叶橐吾乙醇提取物抗炎作用的实验研究 [J]. *中国中医药科技*, 2004, 23(5): 285-287
LI Li-bo, WANG Yu-xiang, SUN Lian-ping, et al. An Experimental study on the anti-inflammatory effect of lignol alcohol extract [J]. *Chinese Journal of Traditional Medical Science and Technology*, 2004, 23(5): 285-287
- [4] 郑斌. 蹄叶橐吾化学成分及其抑菌活性研究 [D]. 兰州: 兰州交通大学, 2014
ZHENG bin. A Study on the chemical constituents and antibacterial activity of the *Ligularia* [D]. Lanzhou: Lanzhou Jiaotong University, 2014

- [5] 洪承权,秘效媛,朴香兰,等.蹄叶橐吾抗氧化作用研究[J].中央民族大学学报(自然科学版),2009,18(1):14-17
HONG Cheng-quan, MI Xiao-yuan, PIAO Xiang-lan, et al. Study on the antioxidation effect of ligularia of *Hoof Leaves* [J]. Journal of the Central University for Nationalities (Natural Sciences Edition), 2009, 18(1): 14-17
- [6] 尤婷婷,姜燕,于润美,等.壳聚糖精制蹄叶橐吾叶多糖及抗氧化活性研究[J].食品研究与开发,2016,37(19):25-29
YOU Ting-ting, JIANG Yan, YU Run-mei, et al. Study on the polysaccharide and antioxidation activity of the ligand of chitosan [J]. Food Research and Development, 2016, 37(19): 25-29
- [7] 陈冬梅,周媛.电子舌技术及其在食品工业中的应用[J].现代农业科技,2010,35(7):26-29,31
CHEN Dong-mei, ZHOU Yuan. Electronic tongue technology and its application in food industry [J]. Modern Agricultural Technology, 2010, 35(7): 26-29, 31
- [8] Nurjuliana M, Che M Y, Mat H D, et al. Rapid identification of pork for halal authentication using the electronic nose and gas chromatography mass spectrometer with headspace analyzer [J]. Meat Science, 2011, 88(4): 25-40
- [9] Muir D D. Sensory Evaluation Techniques [J]. International Journal of Dairy Technology, 2007, 60(4): 45-50
- [10] 刘建芳,蔡晶晶,胡大伟,等.模糊数学综合评价法在出口食品生产企业备案监管工作中的应用研究[J].检验检疫学报,2017,27(1):46-51,16
LIU Jian-fang, CAI Jing-jing, HU Da-wei, et al. The Application of fuzzy mathematics comprehensive evaluation method in the supervision of export food production enterprises [J]. Inspection and Quarantine Bulletin, 2017, 27(1): 46-51, 61
- [11] 李运冉,朱科学,周惠明.模糊数学评判苹果汁豆奶饮料的生产配方[J].食品工业科技,2010,31(11):239-241,244
LI Yun-ran, ZHU Ke-xue, ZHOU Hui-ming. Fuzzy Mathematics to evaluate the production formula of apple juice bean milk beverage [J]. Food Industry Technology, 2010, 31(11): 239-241, 244
- [12] 付晓萍,范江平,李凌飞,等.模糊数学在风味型红酒茉莉花奶茶感官评价中的应用[J].食品与发酵科技,2014,50(1):75-77
FU Xiao-ping, FAN Jiang-ping, LI Ling-fei, et al. The application of fuzzy mathematics in sensory evaluation of jasmine tea in flavor type wine [J]. Food and Fermentation Technology, 2014, 50(1): 75-77
- [13] Scott S M, James D, Ali Z. Data analysis for electronic nose systems [J]. Microchimica Acta, 2006, 156(6): 183-207
- [14] ZHANG H M, WANG J, TIAN X J, et al. Optimization of sensor array and detection of stored duration of wheat by electronic nose [J]. Journal of Food Engineering, 2007, 82(4): 403-408
- [15] Cole M, Covington J A, Gardner J W. Combined electronic nose and tongue for a flavour sensing system [J]. Sensors and Actuators. B, 2011, 156(5): 832-839
- [16] 苑鹏,朱思樾,王雪,等.智能感官技术在工程米研究中的应用[J].食品与发酵工业,2015,41(8):251-254
FAN Peng, ZHU Si-yue, WANG Xue, et al. Application of intelligent sensory technology in engineering rice research [J]. Food and Fermentation Industry, 2015, 41(8): 251-254
- [17] 乔宇.柑橘汁香气活性化合物的鉴定及其在加工和储藏中的变化[D].武汉:华中农业大学,2008
QIAO Yu. The identification of citrus aromatic compounds and their changes in processing and storage [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2008
- [18] Bleibaum R N, Stone H, Tan T, et al. Comparison of sensory and consumer results with electronic nose and tongue sensors for apple juices [J]. Food Quality and Preference, 2002, 13(6): 409-422
- [19] 张井,张维一,李燕,等.基于电子鼻分析的碳酸饮料识别判定技术研究[J].食品与发酵工业,2017,43(5):214-218
ZHANG Jing, ZHANG Wei-yi, LI Yan, et al. Research on the identification of carbonated drinks based on electronic nose analysis [J]. Food and Fermentation Industry, 2017, 43(5): 214-218
- [20] 尤婷婷.蹄叶橐吾叶多糖的提取及其体外生物学活性研究[D].长春:长春工业大学,2016
YOU Ting-ting. Study on the extraction and biological activity of ligularia polysaccharides from leaves [D]. Changchun: Changchun University of Technology, 2016
- [21] 刘静,荣永海,王志滨,等.罗汉果有效成分连续提取与分离[J].中药材,2010,33(4):629-632
LIU Jing, RONG Yong-hai, WANG Zhi-bin, et al. Continuous extraction and separation of effective components of Luo Han Guo [J]. Traditional Chinese Medicine, 2010, 33(4): 629-632
- [22] 赵祎镭,师清芝,唐星.甘草中甘草酸和甘草昔的提取纯化工艺研究[J].中国药房,2009,20(6):426-429
ZHAO Wei-lei, SHI Qing-zhi, TANG Xing. The research of extraction and purification process of glycyrrhizic acid and glycyrrhizin in liquorice [J]. Chinese Pharmacy, 2009, 20(6): 426-429

- [23] N'Kouka D K, Klein P B, Lee Y S. Developing a lexicon for descriptive analysis of soymilks [J]. *Journal of Food Science*, 2006, 69(7): 213-223
- [24] 董然,王丽清,刘洪章.长白山复序橐吾和全缘橐吾叶片挥发油成分分析[J].*东北林业大学学报*,2010,38(1):105-107
- DONG Ran, WANG Li-qing, LIU Hong-zhang. Analysis of volatile oil components in the leaves of *Ligularia* and *Ligularia* in Changbai Mountain [J]. *Journal of Northeast Forestry University*, 2010, 38(1): 105-107

现代食品科技