

## 电子鼻对红枣乳酸发酵饮料的品质分析

杨智,王楠, Niamat Ullah, 梁艳花, 杨霞, 程正丽, 冯宪超, 李志西

(西北农林科技大学 食品科学与工程学院, 陕西杨凌 712100)

**摘要** 利用电子鼻技术对5个品种的红枣乳酸发酵饮料的风味品质进行分析,结合模式识别和感官评价对红枣乳酸饮料的品质进行分析评价。结果表明,线性判别分析对不同红枣饮料香气的识别效果优于主成分分析。电子鼻传感器对香气响应值的主成分分析表明,特征香气是由苯类、氮氧化物、芳香胺类、烷烃、甲基类、硫化物、醇类、硫化氢类组成。金丝小枣、狗头枣乳酸发酵饮料具有高的综合因子得分。感官评价分析表明,所有红枣乳酸饮料的风味都优于对照(康师傅枣饮),而不同品种的红枣乳酸发酵饮料的风味又不同,以狗头枣乳酸发酵饮料风味最佳,金丝小枣乳酸发酵饮料风味最差。红枣的品种和质量对乳酸发酵饮料的香气和口味有很大影响。电子鼻可以准确区别红枣饮料的不同风味,结果与感官评价具有一致性,表明电子鼻可有效地用于乳酸发酵饮料品质评价。

**关键词** 红枣;乳酸发酵;电子鼻;感官评价

中图分类号 TS207.3

文献标志码 A

文章编号 1004-1389(2015)11-0149-08

红枣(*Ziziphus jujuba* Mill),鼠李科(Rhamnaceae)枣属(*Ziziphus* Mill)植物,是中国近年来发展的热点果品之一。因为其甘甜可口且营养价值丰富而深受人们喜爱,制成的红枣乳酸饮料含丰富的有机酸,无需任何添加剂,即可酸甜爽口,是一类独特健康的营养饮品<sup>[1]</sup>。香气是饮料品质的重要特征,也是影响人们对饮料选择的重要因素<sup>[2]</sup>。不同种类的饮料因制作原料不同,工艺不一,因而所含芳香物种类必然不同,从而表现出不同的香气。目前,对饮料的品质分析主要集中在现代仪器分析和感官评价两方面。现代仪器分析是定性和定量分析中常用的方法,具有高可靠性、高精度的优点,但分析过程需要破坏样品或对样品分离提取后再上机测定,并且分析过程费时、费用高。感官评价需要专业的评审员或者建立感官评价小组,评价结果宏观可靠,但同样需要消耗大量时间和费用。因此,研究高效智能的饮料风味品质评价方法显得十分重要。

电子鼻是通过检测挥发性物质的差异来辨别不同种类的饮料。其工作原理是利用阵列化学传感器和信号处理系统,模拟人的嗅觉功能快速对

香气进行分析和识别,是现代感官评价的重要手段<sup>[3]</sup>。电子鼻与化学分析仪器如色谱仪、光谱仪、质谱仪等不同<sup>[4-7]</sup>,不需要破坏样品,检测结果不是样品中某种成分的定性与定量数据,而是样品中挥发成分的整体信息,也被称作“指纹”数据<sup>[8]</sup>。利用电子鼻进行感官分析可以有效地排除人为主观因素的干扰,使检测结果更客观、准确,且具有检测时间短,无损坏,操作简便,费用经济的优点<sup>[9]</sup>。因此,近年来电子鼻技术得到国内外研究学者的青睐,在食品、医学、环境监测等领域得到广泛应用<sup>[10-13]</sup>。其中对食品方面的研究主要涉及酒类识别、果蔬成熟度及贮藏期变化、牛羊肉等掺假鉴定、食醋陈化期风味变化、肉类鲜度识别以及水产品品质分析等<sup>[14-19]</sup>,而关于利用电子鼻对果蔬乳酸发酵饮料品质分析的相关研究却少有报道。因此,本试验运用电子鼻技术,以红枣乳酸发酵饮料为研究对象,采用不同模式识别并结合传统感官评价的方法,对红枣乳酸发酵饮料的品质进行分析评价,为合理地利用红枣资源和开发新的高食用品质的果蔬乳酸发酵饮品提供参考。

收稿日期:2015-04-13 修回日期:2015-04-24

基金项目:陕西省农业科技创新项目(2012NKC02-02)。

第一作者:杨智,男,硕士,从事粮食工程与发酵技术创新研究。E-mail:yzlucky@foxmail.edu.cn

通信作者:李志西,男,教授,博士,从事粮食工程与发酵技术创新研究。E-mail:lzhixi@nwsuaf.com

冯宪超,男,讲师,博士,从事畜产品加工研究。E-mail:xcfg@nwsuaf.edu.cn

# 1 材料与amp;方法

## 1.1 菌种

本试验所用菌种是一种微生态乳酸发酵剂,主要包括植物乳杆菌、干酪乳杆菌、米酒乳杆菌、发酵乳杆菌、短乳杆菌、德氏乳杆菌等,由西北农林科技大学食品学院粮食工程与发酵技术创新实验室保藏。

## 1.2 试验材料

红枣:山西壶瓶枣、山西骏枣、河北金丝小枣、

陕西狗头枣、新疆和田玉枣、狗头枣(残次枣),均购自于陕西杨凌好又多超市。

对照样品:康师傅红枣饮料(产品标准号:Q/14A0239S),购自陕西杨凌好又多超市。此饮料参考标准为企业内部标准。

## 1.3 仪器与amp;设备

150A 型恒温培养箱,产自江苏常州;PEN3 型电子鼻,产自德国 Aisense 公司。传感器阵列见表 1。

表 1 电子鼻的传感器阵列

Table 1 Sensors array of electronic nose

| 传感器序号<br>Sensor number | 传感器<br>Sensor | 敏感香气种类<br>Sensitive aroma species | 传感器序号<br>Sensor number | 传感器<br>Sensor | 敏感香气种类<br>Sensitive aroma species |
|------------------------|---------------|-----------------------------------|------------------------|---------------|-----------------------------------|
| 1                      | W1C           | 苯类 Benzenes                       | 6                      | W1S           | 甲基类 Methyl                        |
| 2                      | W5S           | 氮氧化物 Nitric oxide                 | 7                      | W1W           | 硫化物 Sulfides                      |
| 3                      | W3C           | 芳香胺类 Aromatic amines              | 8                      | W2S           | 醇类 Alcohols                       |
| 4                      | W6S           | 氢化物 Hydride                       | 9                      | W2W           | 硫化氢类 Hydrogen sulfide             |
| 5                      | W5C           | 烷烃 Alkane                         | 10                     | W3S           | 芳香烷烃 Aromatic alkane              |

## 1.4 红枣乳酸发酵饮料的工艺流程(图 1)

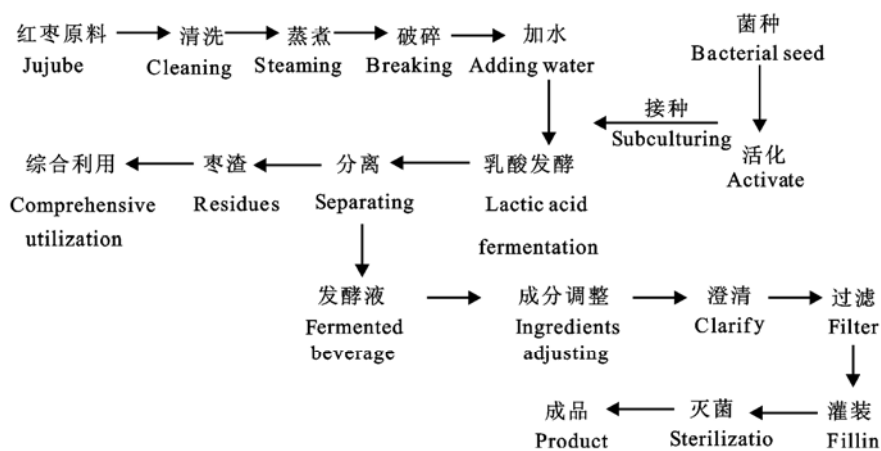


图 1 红枣乳酸发酵饮料工艺流程

Fig. 1 Process flow for jujube beverage by lactic acid fermentation

操作要点:

- (1)菌种活化,使用活化培养基(成分主要有面粉、白糖、黄豆等),10%接种量于 37 °C 培养 30 h。
- (2)乳酸发酵,4%接种,室温下开放式发酵 36 h。
- (3)成分调整,调整糖酸比至 26~28。

## 1.5 电子鼻检测方法

对 7 个枣饮样品进行电子鼻检测,每个重复 10 次。取 10 mL 样品,注入到 30 mL 的上样瓶

中,瓶盖封住瓶口在室温下富集 15 min 后,采用顶空上样法对样品进行电子鼻检测。电子鼻检测参数设置:预进样时间 5 s,自动归零时间 5 s,采样时间 60 s,清洗时间 300 s,内部空气流量 0.3 L/min,进样流量 0.3 L/min。

## 1.6 感官评价

感官评分标准见表 2。感官评价小组由 32 名人员组成,其中男性 14 人,女性 18 人。对感官评价人员进行统一培训后对样品的色泽、香气、口

味和印象进行评判,对每个评语出现的次数进行 统计分析。

表 2 感官评分标准

Table 2 Sensory scoring criteria

| 感官指标<br>Sensory factor | 权重<br>Weight | 评语等级<br>Comment grade | 评语<br>Comments   |
|------------------------|--------------|-----------------------|--|
| 色泽 Color               | 0.2          | 较好 Better             | 具有红枣饮料应有的色泽,赏心悦目 Pleasant color and lustre of jujube beverage            |
|                        |              | 好 Good                | 红枣饮料色泽略淡 Slight color and luster of jujube beverage                      |
|                        |              | 一般 Acceptable         | 与红枣饮料色泽略有不符 Not in conformity with color of jujube beverage slight       |
|                        |              | 差 Poor                | 与红枣饮料应有的色泽明显不符 Not in conformity with color of jujube beverage obviously |
|                        |              | 较差 Worse              | 不具备红枣饮料应有的特征 No characteristics of jujube beverage                       |
| 香气 Aroma               | 0.3          | 较好 Better             | 果香、枣香浓郁 Fruity and intense jujube aromas                                 |
|                        |              | 好 Good                | 果香、枣香清晰 Fruity and clear jujube aromas                                   |
|                        |              | 一般 Acceptable         | 果香、枣香较少,无异味 Less fruity and jujube aromas, no odor                       |
|                        |              | 差 Poor                | 果香、枣香不足,或有异香 Lack of fruity and jujube aromas, or other aromas           |
|                        |              | 较差 Worse              | 香气不良,使人厌恶 Bad aromas, unpleasant   |
| 口味 Tastes              | 0.4          | 较好 Better             | 饮料丰满、酸甜协调,舒服 Palatable, good taste and feeling                           |
|                        |              | 好 Good                | 质感柔顺、酸甜适当 Fittingly taste, sapid   |
|                        |              | 一般 Acceptable         | 饮料协调 Taste commonly  |
|                        |              | 差 Poor                | 饮料寡淡、不协调,或有其他明显缺陷 Tasteless, or lack of some tastes                      |
|                        |              | 较差 Worse              | 酸、涩、苦、平淡、有异味 Acid, puckery, bitter, light, or other bad tastes           |
| 印象 Impression          | 0.1          | 较好 Better             | 典型完美、风格独特 Perfect, special feature                                       |
|                        |              | 好 Good                | 典型明确、风格良好 Clear feature  |
|                        |              | 一般 Acceptable         | 略有典型性 Slight feature   |
|                        |              | 差 Poor                | 典型性不明显 Unapparent feature  |
|                        |              | 较差 Worse              | 不具有红枣饮料的典型性 No typical feature   |

## 1.7 数据处理

使用电子鼻仪器自带 Winmuster 软件对红枣饮料香气的响应值进行主成分分析和线性判别分析;使用统计软件 SPSS 19.0 对提取出的电子鼻原始数据进行因子分析;采用模糊综合评判法对感官评价统计数据进行分析。

## 2 结果与分析

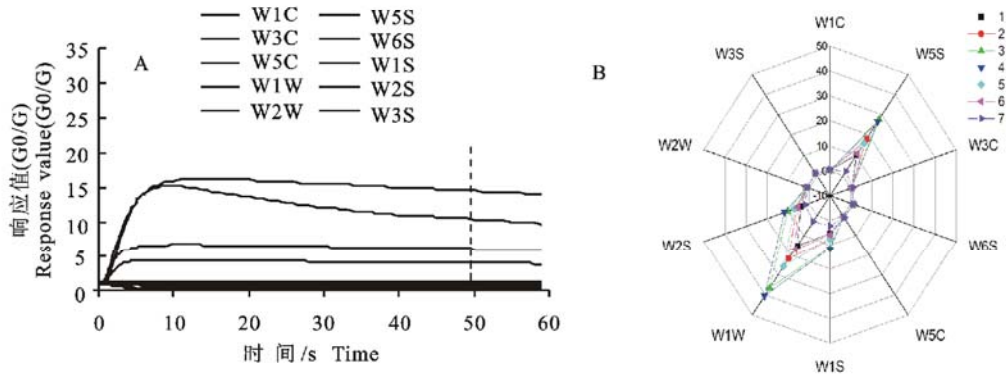
### 2.1 红枣乳酸发酵饮料香气组成分析

2.1.1 电子鼻传感器响应值的变化 图 2-A 是红枣饮料香气成分检测中 10 根传感器响应值的变化图,图中曲线各代表一种传感器,曲线高度代表传感器对香气的响应值变化情况(即相对电阻率(G0/G)的变化情况)。从图 2-A 可知,各传感器响应值在初始 10 s 内快速增加,到 45 s 后趋于平缓,因此选择时间终端值即 50 s 处各传感器响应值进行后续分析。电子鼻检测 7 个样品,重复 10 次。得到相应的传感器响应值并绘制成雷达图(图 2-B)。从图 2-B 可以看出,传感器 W5S(氮

氧化物)、W1S(甲基类)、W1W(硫化物)和 W2S(醇类)对红枣饮料香气响应显著,不同红枣饮料的香气对传感器响应程度明显不同。因此,可依据特征香气建立区分不同品种红枣饮料香气的指纹图谱<sup>[9]</sup>。

### 2.1.2 红枣乳酸发酵饮料香气成分主成分分析

图 3 和表 3 是 7 个红枣饮品香气成分电子鼻响应值的主成分 PCA 分析结果。从图 3 可知,主成分 1 的方差贡献率为 98.41%,主成分 2 的方差贡献率为 1.52%,累计贡献率达到 99.93%,说明这 2 个主成分包含原始数据绝大部分的信息,可以反映红枣饮料香气的整体信息。从表 3 可以看出,决定第 1 主成分大小的主要是苯类(W1C)、氮氧化物(W5S)、芳香胺类(W3C)、烷烃(W5C)、甲基类(W1S)、硫化物(W1W)、醇类(W2S)、硫化氢类(W2W),而第 2 主成分主要由氢化物(W6S)和芳香烷烃(W3S)影响。因此,主成分 1 所代表的香气大类即为红枣饮料的特征香气,可用于鉴别和评价红枣饮料。从图 3 可以看出,不同红枣



1. 壶瓶枣 Huping jujube; 2. 骏枣 Jun jujube; 3. 金丝小枣 *Ziziphus jujuba*; 4. 狗头枣 Goutou jujube; 5. 和田玉枣 Hetian jade jujube; 6. 狗头枣(残次) Goutou jujube (defective); 7. 康师傅枣饮 Masterkong jujube beverage

图 2 电子鼻对枣饮香气物质响应图(A)及雷达图(B)

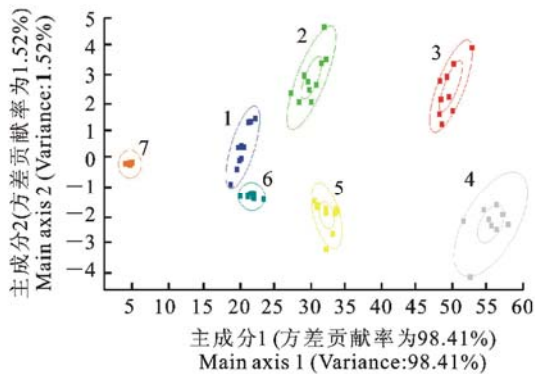
Fig. 2 The response of aroma components (A) and radar chart (B) of jujube drinks using electric nose

饮料分属不同区域且界线清晰,表明电子鼻可以有效地区别不同红枣饮料的香气差异。样品 4 和 6 分别代表优质和残次的狗头枣发酵而成的饮料被明显地区分开,说明同一品种不同质量的红枣发酵而成的饮料其香气成分明显不同。

表 3 各传感器主成分特征向量

Table 3 Eigenvector of principal components of each sensory

| 传感器/敏感香气种类<br>Sensory/Sensitive<br>aroma species | 主成分 1<br>PC1 | 主成分 2<br>PC2 |
|--|--------------|--------------|
| W1C/苯类 Benzenes                                  | -0.884       | -0.374       |
| W5S/氮氧化物 Nitric oxide                            | 0.822        | 0.514        |
| W3C/芳香胺类 Aromatic amines                         | -0.900       | -0.360       |
| W6S/氢化物 Hydride                                  | 0.619        | 0.754        |
| W5C/烷烃 Alkane                                    | -0.905       | -0.311       |
| W1S/甲基类 Methyl                                   | 0.852        | 0.502        |
| W1W/硫化物 Sulfides                                 | 0.885        | 0.415        |
| W2S/醇类 Alcohols                                  | 0.873        | 0.404        |
| W2W/硫化氢类 Hydrogen sulfide                        | 0.864        | 0.199        |
| W3S/芳香烷烃 Aromatic alkane                         | 0.241        | 0.942        |



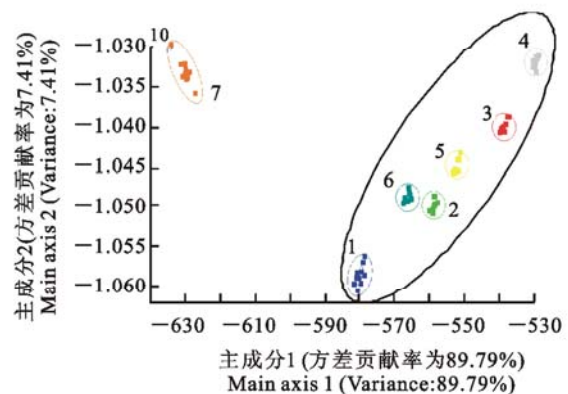
1. 壶瓶枣 Huping jujube; 2. 骏枣 Jun jujube; 3. 金丝小枣 *Ziziphus jujuba*; 4. 狗头枣 Goutou jujube; 5. 和田玉枣 Hetian jade jujube; 6. 狗头枣(残次) Goutou jujube (defective); 7. 康师傅枣饮 Masterkong jujube beverage

图 3 7 种枣饮的主成分分析图

Fig. 3 PCA result of seven kinds of jujube drinks

2.1.3 红枣乳酸发酵饮料香气成分的线性判别分析 对 7 个不同红枣饮料香气的传感器响应值进行线性判别分析(liner discriminant analysis, LDA),结果见图 4。

从图 4 可知,判别式 1 和判别式 2 的贡献率分别为 89.79% 和 7.41%,两判别式的累计贡献率为 97.20%,说明这 2 个判别式可以很好地识别不同红枣饮料。由图 4 可以看出,判别式将 7 种红枣饮料准确识别划分,没有重叠区域也不存在误判的点。其中,不同的红枣乳酸发酵饮料与



1. 壶瓶枣 Huping jujube; 2. 骏枣 Jun jujube; 3. 金丝小枣 *Ziziphus jujuba*; 4. 狗头枣 Goutou jujube; 5. 和田玉枣 Hetian jade jujube; 6. 狗头枣(残次) Goutou jujube (defective); 7. 康师傅枣饮 Masterkong jujube beverage

图 4 7 种枣饮的线性判别分析图

Fig. 4 LDA result of seven kinds of jujube drinks

康师傅枣饮之间主要是由判别式 1(横坐标跨度)来识别。与 PCA 分析结果相同,LDA 也可以判别样品 4 和 6 的香气差异。不同的是图中还可以清楚地看出康师傅枣饮(样品 7)与红枣乳酸发酵饮料(样品 1~6)处在不同的 2 个区域中,说明 LDA 分析法可以对不同来源的枣饮香气成分进行判别区别。

综上所述,不同红枣饮料香气成分组成不同,同一品种不同质量红枣的乳酸发酵饮料的香气成分组成也不同。虽然 PCA 可以用于香气识别分析,但是 PCA 注重的是样本描述特征。本试验中 LDA 对红枣饮料香气物质的区分和识别效果好于 PCA。

2.1.4 红枣乳酸发酵饮料香气成分因子分析  
使用 SPSS 软件对采集的 7 个样品电子鼻数据进行因子分析,因子得分函数为: $F=0.013 \times ZW1C+0.135 \times ZW5S+0.009 \times ZW3C+0.239 \times ZW6S+0.024 \times ZW5C+0.119 \times ZW1S+0.123 \times ZW1W+0.121 \times ZW2S-0.210 \times ZW2W+0.279 \times ZW3S$ ,其中 ZW1C、ZW5S 等分别是电子鼻传感器响应值的标准化数据。各样品因子得分及排名见表 4。

表 4 各样品因子得分及排名

Table 4 Factor score and ranking of samples

| 排名<br>Ranking | 样品<br>Sample                             | 因子得分<br>Factor score |
|---------------|--|----------------------|
| 1             | 金丝小枣 <i>Ziziphus jujuba</i>              | 1.19                 |
| 2             | 狗头枣 <i>Goutou jujube</i>                 | 1.03                 |
| 3             | 壶瓶枣 <i>Huping jujube</i>                 | 0.04                 |
| 4             | 骏枣 <i>Jun jujube</i>                     | -0.15                |
| 5             | 和田玉枣 <i>Hetian jade jujube</i>           | -0.40                |
| 6             | 康师傅枣饮 <i>Masterkong jujube beverage</i>  | -0.69                |
| 7             | 狗头枣(残次) <i>Goutou jujube (defective)</i> | -1.01                |

综合因子得分是电子鼻传感器对样品香气物质反映出的一个综合评价,可以进一步解释不同样品中氮氧化物、醇类、芳香烷烃等香气物质的不同含量及强度,从而达到客观评价不同枣饮品质的目的<sup>[20]</sup>。由表 4 可以看出,金丝小枣、狗头枣乳酸发酵饮料的因子得分高,其次是壶瓶枣、骏枣和和田玉枣,康师傅枣饮、狗头枣(残次)乳酸发酵饮料的因子得分较差。表明红枣乳酸发酵饮料的品质优于康师傅枣饮,而红枣原料的质量是影响乳酸发酵饮料香气品质的重要因素。

## 2.2 红枣乳酸发酵饮料品质的传统感官评价

采用模糊综合评判法对传统感官评价结果进行分析,计算方法如下<sup>[21]</sup>:对每个感官指标的每个评语进行归一化处理,即  $A_x = [a_1, a_2, a_3, a_4, a_5]$ ,  $a_i = p_i / \sum_{i=1}^5 p_i$ ,其中  $A_x$  代表感官指标(色泽,香气,口味,印象), $p$  是各因素下每条评语出现的次数, $a$  是每条评语归一化后的值。则 4 个因素就可以建立起 1 个样品的评判矩阵即:

$$R_i = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nm} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{\text{色泽}} \\ A_{\text{香气}} \\ A_{\text{口味}} \\ A_{\text{印象}} \end{bmatrix}$$

$R_i$  ( $i=1,2,3,4,5,6,7$ ) 代表每个样品的评判矩阵。再经过模糊线性转换得到模糊综合评判矩阵: $B=W \times R=(b_1, b_2, b_3, b_4, b_5)$ ,其中权重  $W=(0, 20, 0.30, 0.40, 0.10)$ ,选择乘法算子  $M(+ \cdot)$ ,运算规则是  $b_j = \sum_{i=1}^4 W \cdot r_{ij}$  ( $j=1,2,3,4,5$ )。

本试验设定感官特殊性:较好 100 分,好 80 分,一般 60 分,差 40,较差 0 分,建立感官特殊性数集  $V=(100, 80, 60, 40, 0)$ ,则样品的模糊综合评价总分为: $T=B \times V$ 。感官得分及排名结果见表 5。

表 5 感官得分及排名

Table 5 Ranking and score of the sensory

| 综合排名<br>Comprehensive rank | 枣饮样品<br>Samples of jujube drinks         | 色泽<br>Color | 香气<br>Aroma | 口味<br>Tastes | 印象<br>Impression | 综合得分<br>Comprehensive score |
|----------------------------|--|-------------|-------------|--------------|------------------|-----------------------------|
| 1                          | 狗头枣 <i>Goutou jujube</i>                 | 87.0        | 92.0        | 83.2         | 81.4             | 86.42                       |
| 2                          | 壶瓶枣 <i>Huping jujube</i>                 | 89.4        | 85.2        | 74.2         | 77.0             | 80.82                       |
| 3                          | 骏枣 <i>Jun jujube</i>                     | 87.0        | 83.0        | 60.4         | 72.0             | 73.66                       |
| 4                          | 和田玉枣 <i>Hetian jade jujube</i>           | 75.2        | 74.6        | 67.2         | 66.2             | 71.40                       |
| 5                          | 康师傅枣饮 <i>Masterkong jujube beverage</i>  | 80.6        | 78.8        | 64.0         | 58.2             | 71.18                       |
| 6                          | 狗头枣(残次) <i>Goutou jujube (defective)</i> | 83.4        | 65.6        | 53.4         | 58.6             | 63.58                       |
| 7                          | 金丝小枣 <i>Ziziphus jujuba</i>              | 68.4        | 70.0        | 44.2         | 51.0             | 57.46                       |

从表 5 可知,传统感官品质评价结果中综合得分第一名的是狗头枣乳酸发酵饮料,其次为壶瓶枣、骏枣、和田玉枣、康师傅枣饮、狗头枣(残次),最后一名是金丝小枣。其中狗头枣枣饮的香气和口味得分均明显高于狗头枣(残次),康师傅枣饮的香气和口味指标得分低于狗头枣、壶瓶枣、和田玉枣和骏枣,表明红枣乳酸发酵饮料风味品质优于对照(康师傅枣饮),不同品种红枣乳酸饮料风味不同,不同质量的红枣对乳酸发酵饮料的香气、口味有很大的影响,该结果与电子鼻检测及分析结果一致。值得注意的是金丝小枣乳酸发酵饮料风味的感官评价综合得分排名与电子鼻因子得分排名结果不一致。在感官评语统计结果中,金丝小枣饮料香气指标评语的人次为:较好,7 人次;好,9 人次;一般,9 人次;差,7 人次;较差,0 人次,差所代表的评语是存在异香。金丝小枣香气指标中评差的有 7 人次,高于狗头枣(残次)香气指标评差 5 人次,并且远高于其他样品(香气指标中和田玉枣:差 2 人次;康师傅枣饮:差 1 人次;壶瓶枣、骏枣和狗头枣均为 0 人次)。感官结果表明多数评价员不喜好金丝小枣香气。因子得分是电子鼻数据经 PCA 分析后,根据不同香气成分响应值的贡献计算所得,所以香气成分对电子鼻传感器响应程度的大小直接影响因子得分和排名,分析结果表明金丝小枣饮料香气成分因子得分最高。从雷达图(图 2-B)可以看出金丝小枣饮料香气对传感器 W5S(氮氧化物)的响应程度明显高于其他样品,因为氮氧化物类是一种不愉快气味,电子鼻只能定性和定量分析枣饮香气却无法做出喜好性判断,从而导致电子鼻评价结果与感官结果不一致。对比电子鼻和感官评价结果可以看出仪器分析在感官评价方面存在缺陷,只能定性和定量分析枣饮香气物质并得出一个客观评价结果。因此,本试验采用电子鼻检测结合传统感官评价的方法对红枣乳酸饮料的品质进行分析。这种方法弥补了电子感官的不足,初步实现了客观、快速评价和区分红枣发酵饮料品质的目的。

### 3 讨论与结论

周志等<sup>[22]</sup>利用电子鼻对刺梨汁的风味进行了分析与评价,结果表明电子鼻能准确识别和区分不同成熟度、贮藏期和体积分数的刺梨汁香气。Farnworth 等<sup>[23]</sup>研究发现电子鼻可以很好地鉴别优质和普通橙汁、添加不同橙汁香精以及不同

香精添加量的香气成分差异,结合电子鼻检测结果来调整香精添加量可使普通橙汁的香气品质达到优质级别。张拥军等<sup>[24]</sup>运用电子鼻手段评价不同处理方法对杨梅果汁风味的影响,杨梅果汁特征香气主要包括氮氧化物、甲烷和乙醇,不同处理工艺对其香气成分影响不大。电子鼻对饮料风味的评价主要集中在不同风味的识别以及特征挥发物质的确定,而本试验在此基础上通过因子分析中的综合因子得分对红枣饮料风味进行客观评价,结果与感官评价具有一致性。

本研究以康师傅枣饮作为对照,以不同品种和质量的红枣发酵乳酸饮料为研究对象,基于电子鼻技术和感官评价对红枣饮料的品质进行分析。结果表明红枣乳酸发酵饮料的整体风味优于康师傅枣饮;不同品种、不同质量的红枣对乳酸发酵饮料的风味有较大影响;电子鼻传感器对香气物质响应值的主成分分析确定了红枣饮料的特征香气主要是由苯类、氮氧化物、芳香胺类、烷烃、甲基类、硫化物、醇类、硫化氢类组成;电子鼻通过识别红枣饮料的特征香气能够准确区分不同红枣饮料;对香气成分检测结果的因子分析可以客观评价红枣饮料的品质,其评价结果与感官评价结果有一致性。

#### 参考文献 Reference:

- [1] 王婷,郭峰,毛亮,等. 红枣乳酸饮料的研究[J]. 现代食品科技, 2007, 23(6): 42-44.  
WANG T, GUO F, MAO L, et al. Preparation of a red jujube lactic acid bacteria drink [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2007, 23(6): 42-44 (in Chinese).
- [2] 赵洁,于海燕. 电子鼻与电子舌在饮料品质评价中的应用[J]. 上海应用技术学院学报(自然科学版), 2014, 14(2): 113-117.  
ZHAO J, YU H Y. Applications of electronic nose and electronic tongue in quality evaluation of beverages [J]. *Journal of Shanghai Institute of Technology (Natural Science Edition)*, 2014, 14(2): 113-117 (in Chinese).
- [3] 宫雪,刘宁,李二虎,等. 基于电子鼻的葡萄酒感官评价模型的构建[J]. 中国酿造, 2014, 33(5): 67-71.  
GONG X, LIU N, LI ER H, et al. Model for wine sensory evaluation based on electronic nose [J]. *China Brewing*, 2014, 33(5): 67-71 (in Chinese).
- [4] MOURET J R, MORAKUL S, NICOLLE P, et al. Gas-liquid transfer of aroma compounds during winemaking fermentations [J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2012, 49(2): 238-244.
- [5] IVANOVA V, STEFOVA M, STAFILOV T, et al. Validation of a method for analysis of aroma compounds in red wine using liquid-liquid extraction and GC-MS [J]. *Food*



- Analytical Methods*, 2012, 5(6):1427-1434.
- [6] SUN S Y,JIANG W G,ZHAO Y P. Comparison of aromatic and phenolic compounds in cherry wines with different cherry cultivars by HS-SPME-GC-MS and HPLC [J]. *International Journal of Food Science & Technology*, 2012, 47(1):100-106.
- [7] 刘 宇,张耀文,李 清,等. HPLC-ELSD 法测定酸枣仁汤及其提取物中多糖含量[J]. 沈阳医科大学学报, 2014, 31(1):41-50.  
LIU Y,ZHANG Y W,LI Q,*et al.* Determination of polysaccharide in suanzaoren decoction by HPLC-ELSD [J]. *Journal of Shenyang Pharmaceutical University*, 2014, 31(1):41-50(in Chinese).
- [8] 邹小波,赵杰文. 电子鼻在饮料识别中的应用研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(3):146-149.  
ZOU X B,ZHAO J W. Application of electronic nose in beverage recognition [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2002, 18(3):146-149(in Chinese).
- [9] 程 超,周 志,汪兴平. 电子鼻在食品科学中的应用[J]. 湖北民族学院学报(自然科学版), 2014, 32(1):5-11.  
CHENG CH,ZHOU ZH,WANG X P. Application of electronic nose in food science [J]. *Journal of Hubei University for Nationalities (Natural Science Edition)*, 2014, 32(1):5-11(in Chinese).
- [10] BRUDZEWSKI K,OSOWSKI S,GOLEMBIECKA A. Differential electronic nose and support vector machine for fast recognition of tobacco [J]. *Expert Systems with Applications*, 2012, 39:9886-9891.
- [11] GIORDANI D S,SIQUEIRA A F,SILVA M L C P,*et al.* Identification of the bio-diesel source using an electronic nose [J]. *Energy & Fuels*, 2008 22(4):2743-2747.
- [12] SHI CH H,LIN Y J,LEE K F,*et al* Real-time electronic nose based pathogen detection for respiratory intensive care patients [J]. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 2010, 148(1):153-157.
- [13] DENTONI L,CAPELLI L,SIRONI S,*et al.* Development of an electronic nose for environmental odour monitoring [J]. *Sensors (Basel)*, 2012, 12(11):14363-14381.
- [14] 鲁小利,张秋菊,蔡小庆. 实用仿生电子鼻在黄酒检测中的应用[J]. 酿酒科技, 2014(3):53-55.  
LU X L,ZHANG Q J,CAI X Q. Application of bionic electronic nose in yellow rice wine detection [J]. *China Brewing*, 2014(3):53-55(in Chinese).
- [15] 周亦斌,王 俊. 基于电子鼻的番茄成熟度贮藏时间评价的研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(4):113-117.  
ZHOU Y B,WANG J. Evaluation of maturity and shelf life of tomato based on electronic nose [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2005, 21(4):113-117(in Chinese).
- [16] 徐亚丹,王 俊,赵国军. 基于电子鼻的对掺假“伊利”牛奶的检测[J]. 中国食品学报, 2006, 6(5):111-118.  
XU Y D,WANG J,ZHAO G J. Identification of adulterated ‘Yili’ milk based on electronic nose [J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2006, 6(5):111-118(in Chinese).
- [17] 乔艳霞,李志西, Niamat Ullah, 等. 食醋陈化期电子鼻的检测研究[J]. 现代食品科技, 2014, 40(7):298-305.  
QIAO Y X,LI ZH X,Niamat Ullah,*et al.* Monitoring the vinegar aging based on electronic nose [J]. *Modern Food Science and Technology*, 2014, 40(7):298-305(in Chinese).
- [18] 贾洪锋,占 一,何江红,等. 电子鼻在牦牛肉和牛肉猪肉识别中的应用[J]. 农业工程学报, 2011, 27(5):358-363.  
JIA H F,ZHAN Y,HE J H,*et al.* Recognition of yak meat, beef and pork by electronic nose [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2011, 27(5):358-363(in Chinese).
- [19] 杜利农,柴春祥,郭美娟. 电子鼻在水产品品质检测中的应用研究进展[J]. 电子测量技术, 2014, 37(5):80-84.  
DU L N,CHAI CH X,GUO M J. Application of electronic nose in quality detection of aquatic product [J]. *Electronic Measurement Technology*, 2014, 37(5):80-84(in Chinese).
- [20] BLEIBAUM R N. Comparison of sensory and consumer results with electronic nose and tongue sensory for apple juices [J]. *Food Quality and Preference*, 2002, 13(6):409-422.
- [21] 赵志华,岳田利,王燕妮,等. 基于模糊综合评判苹果酒感官评价的研究[J]. 酿酒科技, 2006(9):27-29.  
ZHAO ZH H,YUE T L,WANG Y N,*et al.* Study on sensory evaluation of cider based on fuzzy comprehensive evaluation [J]. *China Brewing*, 2006(9):27-29(in Chinese).
- [22] 周 志,朱玉昌,程 超,等. 电子鼻用于刺梨汁整体风味的分析与评价[J]. 湖北民族学院学报(自然科学版), 2014, 32(4):364-367.  
ZHOU ZH,ZHU Y CH,CHENG CH,*et al.* Analysis and evaluation on overall flavor of rosa roxburghii juice by electronic nose [J]. *Journal of Hubei University for Nationalities (Natural Science Edition)*, 2014, 32(4):364-367(in Chinese).
- [23] FARNWORTH E R,MCKELLAR R C,CHABOT D,*et al.* Use of an electronic nose to study the contribution of volatiles to orange juice flavor [J]. *Journal of Food Quality*, 2002, 25(6):569-576.
- [24] 张拥军,何杰民,蒋家新,等. 不同处理工艺杨梅果汁风味成分的电子鼻检测[J]. 农业机械学报, 2010, 41(12):134-137.  
ZHANG Y J,HE J M,JIANG J X,*et al.* Electronic nose monitoring for myrica rubra juice using different treatment techniques [J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2010, 41(12):134-137(in Chinese).

## Quality of Jujube Beverage Fermented by Lactic Acid Based on Electronic Nose Analysis

YANG Zhi, WANG Nan, Niamat Ullah, LIANG Yanhua, YANG Xia,  
CHENG Zhengli, FENG Xianchao and LI Zhixi

(College of Food Science and Engineering, Northwest A&F University, Yangling Shaanxi 712100, China)

**Abstract** Flavor substances of the jujube beverages (five different kinds) fermented by lactic acid were detected by electronic nose technology. The quality evaluation and the comparison of discriminant method of jujube beverage fermented by lactic acid were combined with pattern recognition and sensory evaluation. The results showed that the effect of linear discriminant analysis for different jujube beverage aroma was better than principal component analysis. The response values of aroma from electronic nose sensors by using PCA indicated that characteristic fragrance substances were made up of benzenes, nitrogen oxides, aromatic amine, alkanes, methyl, sulfides, alcohols, and hydrogen sulfide. In the factor analysis of electronic nose data, the higher comprehensive factor score was *Ziziphus jujuba* and Goutou jujube beverage. In the sensory evaluation, all of the flavor of jujube beverages fermented by lactic acid were better than CK (Masterkong jujube beverage), but each of fermented beverages made by different varieties of jujube had different tastes. The results of sensory evaluation indicated that Goutou jujube beverage had the best flavor, while *Ziziphus jujuba* was the worst. The quality and variety of jujube had a larger effect on aroma and taste of the lactic acid fermentation. Electronic nose could accurately distinguish different flavor of jujube beverage. It showed that electronic nose could be effectively used in lactic acid fermentation beverage quality evaluation because of consistent results with sensory evaluation.

**Key words** Jujube; Lactic acid fermentation; Electronic nose; Sensory evaluation

**Received** 2015-04-13

**Returned** 2015-04-24

**Foundation item** Supported by Program of Agricultural Science and Technology Innovation of Shaanxi Province(No. 2012NKC02-02).

**First author** YANG Zhi, male, master. Research area: food engineering and fermentation technology innovation. E-mail: yzluckyi@foxmail.com

**Corresponding author** LI Zhixi, male, professor, Ph. D. Research area: food engineering and fermentation technology innovation. E-mail: lizhixi@nwsuaf.edu.cn

FENG Xianchao, male, lecturer, Ph. D. Research area: animal products processing. E-mail: xcfng@nwsuaf.edu.cn