

# 基于电子舌技术的食用槟榔滋味分析

## Analysis of edible areca products based on electronic tongue technology

巢雨舟<sup>1,2</sup> 柳毅<sup>1,2</sup> 赵志友<sup>1,2</sup> 夏延斌<sup>3</sup>

CHAO Yu-zhou<sup>1,2</sup> LIU Yi<sup>1,2</sup> ZHAO Zhi-you<sup>1,2</sup> XIA Yan-bin<sup>3</sup>

(1. 湖南宾之郎食品科技有限公司工程技术研究中心, 湖南 湘潭 411201;

2. 湖南省槟榔加工与食用安全工程技术研究中心, 湖南 湘潭 411201;

3. 湖南农业大学食品科学技术学院, 湖南 长沙 410128)

(1. Engineering Technology Research Center of Hunan Binzhilang Food Science Limited Company,

Xiangtan, Hunan 411201, China; 2. Engineering Technology Research Center of Hunan Areca

Processing and Safety, Xiangtan, Hunan 411201, China; 3. College of Food Science and Technology,

Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China)

**摘要:**目的:提供一种与感官评价相比较更客观、准确的食用槟榔滋味评价方法。方法:采用电子舌和感官评价技术结合多变量统计学的方法对 8 个企业 12 个不同品牌的槟榔产品进行分析。结果:不同品牌槟榔味觉指标差异显著( $P < 0.05$ );通过主成分、因子和聚类分析将样品分成三大类,每个聚类有其独特的滋味特点;结合电子舌和感官评价对比分析,除甜味以外,其余结果均一致;采用 HPLC 法测定食用槟榔中 4 种常用甜味剂,发现聚类 3 的 4 种甜味剂含量均最高,聚类 1 的甜蜜素和糖精钠含量高于聚类 2 的,三氯蔗糖含量低于聚类 2 的,安赛蜜含量两者差异不显著。结论:电子舌可以用来分析槟榔产品的滋味和聚类相似滋味的产品,但与感官评价结果相比,甜味不一致。

**关键词:**电子舌;感官评价;食用槟榔;多变量统计学

**Abstract: Objective:** Electronic tongue technology was used to analyze the taste of edible areca and compared with sensory evaluation to provide a more objective and accurate evaluation method.

**Methods:** The taste of 12 different areca products from 8 enterprises was analyzed using electronic tongue, sensory evaluation, and multivariate statistical methods. **Results:** There were significant differences in the areca taste index between different brands; the samples were divided into three groups by principal component analysis, factor analysis and cluster analysis, and each cluster had its unique taste characteristics. Combined with the electronic tongue and sensory evaluation, the results were

consistent except for sweetness. HPLC analysis determined the content of four common sweeteners in edible areca, and the four sweeteners content of cluster 3 was the highest; the content of sodium cyclamate and saccharin in cluster 1 was higher than cluster 2, and the content of sucralose was lower than cluster 2. However, the difference of acesulfame K in cluster 1 and cluster 2 was not significant. **Conclusion:** electronic tongue can be used to analyze the taste of areca products and cluster similar taste products, but compared with sensory evaluation, sweetness results were different.

**Keywords:** electronic tongue; sensory evaluation; edible areca; multivariate statistics

槟榔是一种热带经济作物,含有多种营养和活性物质,具有多种生理活性功能<sup>[1-3]</sup>,在中国,有 95% 的槟榔被加工成食用槟榔,湖南槟榔产业近 30 年发展迅速,已实现工业化、规模化和现代化生产<sup>[4-5]</sup>。对于湖南这种特定的食用干槟榔而言,滋味是影响其品质的最关键因素,目前国内外没有对食用槟榔滋味的评价研究,而行业内槟榔滋味的评价方法仅为感官评价,评价标准较笼统,又易受评价者主观影响,其结果有失准确性、客观性和重复性。

电子舌利用仿生原理,使用人工脂质膜传感器技术可以检测食品的各种味觉指标,并将测试结果输送至电脑中<sup>[6-8]</sup>。仪器评价技术比传统评价技术更快速、客观和准确<sup>[9-11]</sup>,此外,多元统计学分析方法近几年被广泛应用于食品领域,对于分析多变量的电子舌味觉指标有较大帮助<sup>[12-15]</sup>。研究拟利用电子舌和感官评价技术对 8 个槟榔强势企业共 12 个优势品牌进行检测,并结合多元统

**基金项目:**长株潭国家自主创新示范区专项(编号:2017SK2430)

**作者简介:**巢雨舟(1989—),男,湖南宾之郎食品科技有限公司工程师,硕士。E-mail:402488324@qq.com

**收稿日期:**2021-04-13

计学方法分析结果,探讨槟榔产品滋味的差异性,为分析槟榔产品的滋味提供一种更为科学、客观和准确的评价方法。

1 材料与方法

1.1 试验材料

食用槟榔:市售;

电子舌专用内部液、参比电极液、阳离子溶液和阴离子溶液:日本 Insent 公司。

1.2 主要仪器设备

味觉分析系统:TS-SA402B 型,日本 Insent 公司;

超纯水机:ZWM-HLBA1-10 型,湖南中沃水务环保科技有限公司;

手提式粉碎机:XL-06A 型,广州市旭朗机械设备有限公司;

数控超声波清洗器:KQ-700DE 型,昆山市超声仪器有限公司;

水浴恒温振荡器:SHY-2A 型,常州上特仪器制造有限公司;

台式低速离心机:TDZ4A-WS 型,湖南湘仪实验室仪器开发有限公司;

高效液相色谱仪:1260infinity 型,美国安捷伦科技公司。

1.3 电子舌检测方法

1.3.1 样品采集 从超市购买 12 种品牌的槟榔产品,来源于 8 个不同企业,考虑到商业机密,不公开企业名和品牌名,只对样品进行编号,具体情况见表 1。

1.3.2 电子舌样品预处理 将槟榔卤水刮下,备用。将去卤水后的槟榔进行粉碎,称取 5.00 g 粉碎槟榔和 3.00 g 卤水于锥形瓶中,加入 250 mL 超纯水,保鲜膜封口,25 ℃ 水浴 40 min,50 ℃ 超声 20 min,4 000 r/min 离心 10 min,取上层清液备用。

1.3.3 电子舌检测方法

(1) 称取 80 mL 上清液样品于电子舌专用烧杯中。

(2) 将味觉传感器浸没于参比溶液中,得到参比溶液电势  $V_r$ 。

(3) 将味觉传感器浸没于样品溶液中,得到样品电势  $V_s$ ,样品与参比液的电势差  $V_s - V_r$  可以评价甜、酸、咸、苦、涩、鲜。

(4) 将味觉传感器浸没于参比溶液清洗后再测试样品,得到电势  $V_{r1}$ ,电势差  $V_{r1} - V_r$  可以评价苦、涩、鲜的回味指标。

(5) 为使结果更加准确,减少仪器首次因平衡带来的测量误差,酸、咸、苦、涩、鲜、苦味回味、涩味回味和鲜味回味测定 4 次,取后 3 次结果,因仪器对甜味的平衡较弱,甜味测定 5 次,取后 3 次结果。

1.4 感官评价方法

由技术中心 10 名槟榔专业技术人员进行感官评分,对 12 个槟榔产品的甜味、酸味、咸味、苦味、涩味、鲜味、苦味回味、涩味回味和鲜味回味进行评分;分 3 个档次:味感强烈 21~30 分,味感一般 11~20 分,味感较弱 1~10 分;6 个基本味觉指标在口腔中咀嚼 3~5 min 后评价,3 个回味指标咀嚼  $\geq 8$  min 后评价。

1.5 甜味测定方法

1.5.1 甜蜜素 参照 GB 5009.97—2016。

1.5.2 糖精钠 参照 GB 5009.28—2016。

1.5.3 三氯蔗糖 参照 GB 22255—2014。

1.5.4 安赛蜜 参照 DBS 13/006—2016。

1.6 数据分析与处理

对采集到的数据进行差异性分析、主成分分析、因子分析、系统聚类法分类和单因素方差分析。数据分析使用 SPSS 19.0 软件,图形处理使用 Origin 9.5 软件。

2 结果与分析

2.1 各滋味指标的差异性分析

由表 2 可知,每个指标的组间均方根误差远大于组内,说明槟榔味觉指标的差异主要来自于不同的样品,而并非样品本身检测时的误差。从显著性分析可知,不同样品的各项味觉指标差异显著 ( $P < 0.01$ ),说明不同品牌的槟榔产品对电子舌各传感器响应信号值有极显著影响 ( $P < 0.01$ ),电子舌可以区别不同槟榔样品,与王银诚等<sup>[14]</sup>的结果一致。从味觉指标的极差可知,甜味(5.17)、

表 1 12 种槟榔样品情况表

Table 1 Information about 12 kinds of areca sample

| 编号 | 生产企业 | 品牌 | 种类   | 编号 | 生产企业 | 品牌 | 种类   |
|----|------|----|------|----|------|----|------|
| 1  | A    | 1  | 烟果槟榔 | 7  | C    | 2  | 青果槟榔 |
| 2  | A    | 2  | 青果槟榔 | 8  | D    | 1  | 青果槟榔 |
| 3  | A    | 3  | 青果槟榔 | 9  | E    | 1  | 烟果槟榔 |
| 4  | B    | 1  | 烟果槟榔 | 10 | F    | 1  | 青果槟榔 |
| 5  | B    | 2  | 青果槟榔 | 11 | G    | 1  | 烟果槟榔 |
| 6  | C    | 1  | 青果槟榔 | 12 | H    | 1  | 青果槟榔 |

表 2 槟榔产品各滋味指标差异性分析

Table 2 The difference analysis of taste indexes in areca products

| 味觉指标 | F 值        | 组间均方根   | 组内均方根 | 极差   | P 值   |
|------|------------|---------|-------|------|-------|
| 甜    | 5 334.023  | 81.981  | 0.034 | 5.17 | <0.01 |
| 酸    | 35 836.944 | 128.117 | 0.008 | 6.44 | <0.01 |
| 咸    | 8 363.165  | 62.096  | 0.016 | 4.10 | <0.01 |
| 苦    | 1 358.638  | 94.901  | 0.152 | 4.88 | <0.01 |
| 涩    | 3 495.021  | 54.678  | 0.034 | 4.38 | <0.01 |
| 鲜    | 1 204.139  | 6.255   | 0.011 | 1.68 | <0.01 |
| 苦回   | 205.385    | 31.962  | 0.340 | 2.84 | <0.01 |
| 涩回   | 220.799    | 17.082  | 0.169 | 2.30 | <0.01 |
| 鲜回   | 98.316     | 2.037   | 0.045 | 0.83 | <0.01 |

酸味(6.44)、咸味(4.10)、苦味(4.88)和涩味(4.38)比较大,而鲜味(1.68)、苦味回味(2.84)、涩味回味(2.30)和鲜味回味(0.83)相对较小。槟榔滋味中,甜、酸、咸、苦、涩均是比较重要的指标,对产品口感有较大影响,其余的指标影响较小。

## 2.2 各滋味指标的主成分分析

对 12 个槟榔产品进行主成分分析,提取特征值  $\lambda > 1$  以上的主成分有 3 个,前 3 个主成分的累计方差贡献率达 85.30%,可以反映样本的真实情况。由表 3 可知,成分 1 主要包含了甜味、苦味、涩味和涩味回味的信息,成分 2 主要包含了酸味、鲜味和鲜味回味的信息,成分 3 主要包含了咸味和苦味回味的信息。由图 1 可知,12 个槟榔产品可以得到很好地区分。从各产品的位置来看,F1、

H1 呈聚类趋势,D1、E1、G1、A2、A3 和 B2 呈聚类趋势,C2、B1、A1、C1 相距较远,区别明显,说明 PCA 能在空间排布上进行一定的分析,与吴进菊等<sup>[16]</sup>的结果一致,为进一步探讨 12 个产品的聚类关系,采用系统聚类法进行分析。

## 2.3 各滋味指标的聚类分析

对 12 个槟榔产品进行聚类分析,采用平方 Euclidean 距离的度量标准得到如图 2 所示的树状图,当距离取 3 时可以分为三大类。A1、B1 和 C2 为第一类,A2、D1、G1、E1、A3、B2 和 C1 为第二类,F1 和 H1 为第三类,说明电子舌可以对相似滋味的槟榔产品进行聚类,槟榔滋味的分类与槟榔种类、生产企业并没有直接关系,烟果、青果、槟榔以及同一企业生产的产品,滋味上并没有呈聚类关系,决定槟榔滋味差异的主要原因是配方的不同。这与吴进菊等<sup>[17]</sup>的结论一致。

## 2.4 不同聚类槟榔产品的滋味指标方差分析

为进一步分析 3 个聚类的槟榔产品滋味差异,对 3 个聚类的槟榔产品进行单因素方差分析,结果见表 4。由表 4 可知,聚类 1 的鲜味和鲜味回味显著高于其他两个类别;聚类 2 的咸味和苦味显著低于其他两个类别;聚类 3 的甜味显著高于其他两个类别,但涩味和涩味回味显著低于其他两个类别。3 个不同聚类的产品均有其独特的滋味优势,与李建美等<sup>[13]</sup>的结果一致。

## 2.5 电子舌和感官指标对比分析

由表 5 可知,线性回归中,甜味的  $R^2$  值最小,鲜味回味的  $R^2$  值为 0.872,其余指标的  $R^2$  值均在 0.9 以上,说明在甜味分析上,电子舌和感官评价差异较大,鲜味回味的

表 3 成分矩阵表

Table 3 Component matrix table

| 主成分 | 甜         | 酸         | 咸         | 苦         | 涩        | 鲜         | 苦回       | 涩回       | 鲜回       |
|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|
| PC1 | -5.006 70 | 0.140 58  | -0.183 59 | -0.347 83 | 0.517 36 | 0.192 01  | 0.034 11 | 0.516 86 | 0.045 13 |
| PC2 | 0.020 61  | 0.304 50  | 0.419 44  | 0.340 61  | 0.051 12 | 0.456 06  | 0.293 46 | 0.026 20 | 0.563 47 |
| PC3 | 0.104 16  | -0.146 21 | -0.494 07 | 0.249 51  | 0.100 40 | -0.385 29 | 0.657 48 | 0.110 80 | 0.248 74 |

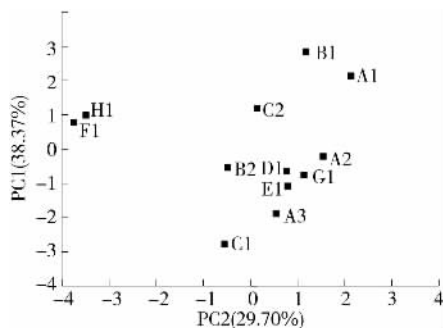


图 1 主成分因子得分图

Figure 1 The factor score picture of principal component

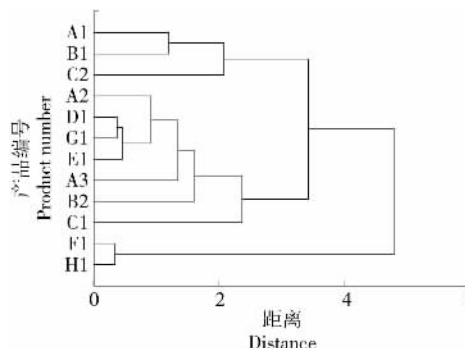


图 2 各槟榔产品的聚类分析图

Figure 2 The cluster analysis of areca products

表 4 不同聚类槟榔产品的滋味指标方差分析<sup>†</sup>

| Table 4 The difference clustering variance analysis of taste indexes in areca production |                      |                       |                      |                      |                      |                      |                      |                      |                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 类别                                                                                       | 甜                    | 酸                     | 咸                    | 苦                    | 涩                    | 鲜                    | 苦回                   | 涩回                   | 鲜回                   |
| 聚类 1                                                                                     | 1.176 7 <sup>a</sup> | -5.223 3 <sup>a</sup> | 7.026 7 <sup>a</sup> | 4.773 3 <sup>a</sup> | 8.953 3 <sup>a</sup> | 4.033 3 <sup>a</sup> | 2.473 3 <sup>a</sup> | 5.493 3 <sup>a</sup> | 2.066 7 <sup>a</sup> |
| 聚类 2                                                                                     | 1.427 1 <sup>a</sup> | -6.840 0 <sup>a</sup> | 5.627 1 <sup>b</sup> | 2.834 3 <sup>b</sup> | 8.041 4 <sup>a</sup> | 3.426 3 <sup>b</sup> | 1.378 6 <sup>a</sup> | 5.144 3 <sup>a</sup> | 1.575 7 <sup>b</sup> |
| 聚类 3                                                                                     | 4.855 0 <sup>b</sup> | -6.630 0 <sup>a</sup> | 8.370 0 <sup>a</sup> | 5.910 0 <sup>a</sup> | 5.320 0 <sup>b</sup> | 3.575 0 <sup>b</sup> | 1.460 0 <sup>a</sup> | 3.615 0 <sup>b</sup> | 1.775 0 <sup>b</sup> |

<sup>†</sup> 同列字母不同表示差异显著( $P<0.05$ )。

表 5 相关性分析<sup>†</sup>

| Table 5 Correlation analysis |                   |         |         |
|------------------------------|-------------------|---------|---------|
| 味觉指标                         | 线性方程              | $R^2$ 值 | $P$ 值   |
| 甜                            | $Y=0.204X+21.688$ | 0.063   | $>0.05$ |
| 酸                            | $Y=1.933X+30.421$ | 0.997   | $<0.05$ |
| 咸                            | $Y=3.325X+1.609$  | 0.985   | $<0.05$ |
| 苦                            | $Y=1.972X+15.359$ | 0.993   | $<0.05$ |
| 涩                            | $Y=1.915X+11.032$ | 0.992   | $<0.05$ |
| 鲜                            | $Y=1.816X+15.293$ | 0.949   | $<0.05$ |
| 苦回                           | $Y=2.455X+13.160$ | 0.987   | $<0.05$ |
| 涩回                           | $Y=2.025X+14.257$ | 0.972   | $<0.05$ |
| 鲜回                           | $Y=2.030X+14.317$ | 0.872   | $<0.05$ |

<sup>†</sup>  $X$  代表电子舌指标值, $Y$  代表感官评分值。

差异一般,其余指标的差异较小;在 Pearson 相关性分析中,只有甜味的相关性不显著,其余指标均显著,进一步说明电子舌和感官评价分析上甜味差异较大。

由表 6 可知,聚类 1 的鲜味和鲜味回味显著高于其他两个类别;聚类 2 的咸味和苦味显著低于其他两个类别;

聚类 3 的涩味和涩味回味显著低于其他两个类别。除甜味指标外,感官评价与电子舌的味觉指标差异性一致。槟榔的主要优势味觉指标为甜味,各生产企业的不同产品,甜味剂的选择和配比均不相同,对甜味影响较为复杂,可能是造成电子舌和感官分析结果不一致的主要原因。

2.6 不同聚类槟榔产品的甜味剂差异性分析

采用 HPLC 法测定槟榔产品中主要的甜味剂含量,结果如表 7 所示。由表 7 可知,4 种甜味剂的质量浓度与其峰面积呈良好的线性相关性,与董蕴等<sup>[18]</sup>研究的有机酸结果一致,其回归方程的相关系数  $R^2$  值均 $>0.999$ 。聚类 3 的 4 种甜味剂含量均最高,且除糖精钠外,其余 3 种甜味剂含量均显著高于其他两类,这可能是电子舌和感官评价的结果均显示聚类 3 的甜味是最高的原因。聚类 1 的甜蜜素和糖精钠含量显著高于聚类 2 的,聚类 1 的三氯蔗糖则显著低于聚类 2 的,安赛蜜含量两者差异不显著。甜蜜素和糖精钠是槟榔行业使用时间最长、最有经验的两种甜味剂,而三氯蔗糖的甜味最纯正,甜度倍数高,但其用量较低,这可能是聚类 1 与聚类 2 的电子舌与感官评价分析存在差异的原因。

表 6 不同聚类槟榔产品的感官指标方差分析<sup>†</sup>

| Table 6 The difference clustering variance analysis of sensory quality indexes in areca production |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 类别                                                                                                 | 甜                     | 酸                     | 咸                     | 苦                     | 涩                     | 鲜                     | 苦回                    | 涩回                    | 鲜回                    |
| 聚类 1                                                                                               | 23.333 3 <sup>a</sup> | 20.333 3 <sup>a</sup> | 24.666 7 <sup>a</sup> | 24.666 7 <sup>a</sup> | 28.000 0 <sup>a</sup> | 22.333 3 <sup>a</sup> | 19.000 0 <sup>a</sup> | 25.666 7 <sup>a</sup> | 18.333 3 <sup>a</sup> |
| 聚类 2                                                                                               | 20.857 1 <sup>a</sup> | 16.714 3 <sup>a</sup> | 20.285 7 <sup>b</sup> | 20.857 1 <sup>b</sup> | 26.571 4 <sup>a</sup> | 21.571 4 <sup>b</sup> | 16.571 4 <sup>a</sup> | 24.571 4 <sup>a</sup> | 17.571 4 <sup>b</sup> |
| 聚类 3                                                                                               | 24.500 0 <sup>a</sup> | 17.000 0 <sup>a</sup> | 27.000 0 <sup>a</sup> | 27.500 0 <sup>a</sup> | 21.000 0 <sup>b</sup> | 21.000 0 <sup>b</sup> | 17.000 0 <sup>a</sup> | 21.500 0 <sup>b</sup> | 17.000 0 <sup>b</sup> |

<sup>†</sup> 同列字母不同表示差异显著( $P<0.05$ )。

表 7 不同聚类槟榔产品的甜味剂含量差异分析<sup>†</sup>

| Table 7 The difference analysis of sweetener content in areca production |                                   |         |                                        |                   |                   |  |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------|----------------------------------------|-------------------|-------------------|--|
| 甜味剂                                                                      | 线性方程                              | $R^2$   | 含量/( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) |                   |                   |  |
|                                                                          |                                   |         | 聚类 1                                   | 聚类 2              | 聚类 3              |  |
| 甜蜜素                                                                      | $Y=367.32X-3.430 3$               | 0.999 9 | 7.51 <sup>b</sup>                      | 7.26 <sup>c</sup> | 7.86 <sup>a</sup> |  |
| 糖精钠                                                                      | $Y=23 818.718 0X+27 092.426 8$    | 0.999 9 | 3.16 <sup>a</sup>                      | 2.59 <sup>b</sup> | 3.26 <sup>a</sup> |  |
| 三氯蔗糖                                                                     | $Y=1.441 2X+7.514 6$              | 0.999 5 | 1.08 <sup>c</sup>                      | 1.28 <sup>b</sup> | 1.45 <sup>a</sup> |  |
| 安赛蜜                                                                      | $Y=29 726 524.885 3X-3 736.019 4$ | 0.999 8 | 0.20 <sup>b</sup>                      | 0.21 <sup>b</sup> | 0.28 <sup>a</sup> |  |

<sup>†</sup> 同列字母不同表示差异显著( $P<0.05$ )。

### 3 结论

试验表明,电子舌可以很好地区分各槟榔产品,不同槟榔产品中,对口感影响大的味觉指标差异也大;电子舌可以聚类有相似味觉特征的槟榔产品,各聚类产品有其特有的滋味优势;除甜味以外,电子舌和感官评价的味觉指标差异性均一致,但造成甜味差异的具体原因尚未明确。后续可根据电子舌的测定结果与市场强势槟榔产品品质建立联系,为改进槟榔配方提供参考。

#### 参考文献

- [1] 吕俊辰,弓宝,孙佩文. 槟榔药用和食用安全性研究概况[J]. 中草药, 2017, 48(2): 384-390.  
LU Jun-chen, GONG Bao, SUN Pei-wen. Overview of research on medicinal and edible safety of areca[J]. Chinese Herbal Medicine, 2017, 48(2): 384-390.
- [2] UNNO T, KWON S C, OKAMOTO H, et al. Receptor signaling mechanisms underlying muscarinic agonist-evoked contraction in guinea-pig ileal longitudinal smooth muscle[J]. British Journal of Pharmacology, 2010, 139(2): 337-350.
- [3] GUPTA P C, WARNAKULASURIYA S. Global epidemiology of areca nut usage[J]. Addiction Biology, 2010, 7(1): 77-83.
- [4] 朱利明. 寻味槟榔[M]. 长沙: 湖南人民出版社, 2010: 170-172.  
ZHU Li-ming. Pondering areca[M]. Changsha: Hunan People Publisher, 2010: 170-172.
- [5] 覃伟权, 范海阔. 槟榔[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2010: 125.  
QIN Wei-quan, FAN Hai-kuo. Areca[M]. Beijing: Chinese Agricultural University Publisher, 2010: 125.
- [6] GUPTA H, SHARMA A, KUMAR S, et al. E-tongue: A tool for taste evaluation[J]. Recent Patents on Drug Delivery & Formulation, 2010, 4(1): 82-89.
- [7] 黄嘉丽, 黄宝华, 卢宇靖, 等. 电子舌检测技术及其在食品领域的应用研究进展[J]. 中国调味品, 2019, 44(5): 189-193.  
HUANG Jia-li, HUANG Bao-hua, LU Yu-jing, et al. Research progress of electronic tongue test technology and application in food field[J]. Chinese Condiment, 2019, 44(5): 189-193.
- [8] 王兴亚, 庞广昌, 李阳. 电子舌与真实味觉评价的差异性研究进展[J]. 食品与机械, 2016, 32(1): 213-216, 220.  
WANG Xing-ya, PANG Guang-chang, LI Yang. Research progress on the difference between electronic tongue and real taste evaluation[J]. Food & Machinery, 2016, 32(1): 213-216, 220.
- [9] 赵志友, 巢雨舟, 袁思颂, 等. 软化方法对食用槟榔品质的影响[J]. 食品与机械, 2017, 33(7): 189-193.  
ZHAO Zhi-you, CHAO Yu-zhou, YUAN Si-song, et al. Effect of softening method on the quality of edible areca[J]. Food & Machinery, 2017, 33(7): 189-193.
- [10] 刘梦婷, 沈馨, 王念, 等. 基于电子舌技术市售番茄调味酱滋味品质的分析[J]. 食品科技, 2016(11): 248-253.  
LIU Meng-ting, SHEN Xin, WANG Nian, et al. Taste quality analysis of market tomato juice based on electronic tongue technology[J]. Food Science, 2016(11): 248-253.
- [11] 潘玉成, 叶乃兴, 江福英, 等. 电子舌在茶叶检测识别中的应用[J]. 茶叶科学, 2016(6): 621-630.  
PAN Yu-cheng, YE Nai-xing, JIANG Fu-ying, et al. Application of electronic tongue in tea test and recognition[J]. Tea Science, 2016(6): 621-630.
- [12] 史庆瑞, 国婷婷, 殷廷家, 等. 基于电子舌检测的橙汁贮藏品质研究[J]. 食品与机械, 2017, 33(11): 142-147.  
SHI Qing-rui, GUO Ting-ting, YIN Ting-jia, et al. Storage quality study of orange juice based on electronic tongue test[J]. Food & Machinery, 2017, 33(11): 142-147.
- [13] 李建美, 张志浩, 郑韵, 等. 基于电子舌传感技术评价不同市售啤酒滋味品质[J]. 现代食品, 2017, 12(2): 115-119.  
LI Jian-mei, ZHANG Zhi-hao, ZHENG Yun, et al. Taste quality evaluation of different market beer based on electronic tongue technology[J]. Modern Food, 2017, 12(2): 115-119.
- [14] 王银诚, 袁海波, 李佳, 等. 基于电子舌技术的红茶滋味品质评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2017(1): 203-209.  
WANG Yin-cheng, YUAN Hai-bo, LI Jia, et al. Taste quality evaluation of black tea based on electronic tongue technology[J]. Journal of Food Safety Quality Test, 2017(1): 203-209.
- [15] 郭壮, 汤尚文, 王玉荣, 等. 基于电子舌技术的襄阳市售米酒滋味品质评价[J]. 食品工业科技, 2015(15): 289-293.  
GUO Zhuang, TANG Shang-wen, WANG Yu-rong, et al. Taste quality evaluation of Xiangyang market rice wine based on electronic tongue technology[J]. Food Industry Science, 2015(15): 289-293.
- [16] 吴进菊, 于博, 陈婧, 等. 基于质构仪和电子舌分析市售发酵剂对酸奶滋味品质的影响[J]. 中国食品添加剂, 2018(3): 187-192.  
WU Jin-ju, YU Bo, CHEN Jing, et al. Analysis of the effect of market starter on the taste and quality of yogurt based on texture analyzer and electronic tongue[J]. China Food Additive, 2018(3): 187-192.
- [17] 吴进菊, 王越, 曾瑞萍, 等. 电子舌在绿茶饮料滋味品质评价中的应用研究[J]. 保鲜与加工, 2018, 18(4): 114-118.  
WU Jin-ju, WANG Yue, ZENG Rui-ping, et al. Application of electronic tongue in taste quality evaluation of green tea beverage[J]. Preservation & Processing, 2018, 18(4): 114-118.
- [18] 董蕴, 张一涵, 杨小丽, 等. 基于电子舌技术对甜面酱滋味品质的评价[J]. 保鲜与加工, 2019, 19(1): 121-126.  
DONG Yun, ZHANG Yi-han, YANG Xiao-li, et al. Evaluation of sweet flour sauce taste quality based on electronic tongue technology[J]. Preservation & Processing, 2019, 19(1): 121-126.