

基于电子舌技术常用酸味剂滋味品质的评价

杨小丽, 邹金, 张振东, 张毅, 王想, 郭壮*

(湖北文理学院 化学工程与食品科学学院 鄂西北传统发酵食品研究所, 湖北 襄阳 441053)

摘要: 采用电子舌技术和多变量统计学方法相结合的手段, 对 11 种常用酸味剂的滋味品质进行了评价分析。研究表明, 常用酸味剂在基本味滋味指标上的差异较大, 而在回味指标上的差异较小。通过方差分析发现, 相对于其他常用酸味剂, 富马酸具有较强的咸味、鲜味和后味 A(涩的回味)。通过主成分分析、典范对应分析和多元方差分析发现不同酸味剂的整体滋味品质存在显著差异。由此可见, 电子舌作为一种新型的现代化智能感官仪器, 在酸味剂的滋味品质评价中具有巨大应用潜力。

关键词: 酸味剂; 电子舌; 滋味; 品质评价

Taste Profile Characterization of Commonly Acidulant by Electronic Tongue Analysis

YANG Xiao-li, ZOU Jin, ZHANG Zhen-dong, ZHANG Yi, WANG Xiang, GUO Zhuang*

(Northwest Hubei Research Institute of Traditional Fermented Food, College of Chemical Engineering and Food Science, Hu Bei University of Arts and Science, Xiangyang 441053, Hubei, China)

Abstract: The taste profile characterizations of 11 commonly acidulant samples were studied by electronic tongue and multivariate statistics. Although the results showed that there were great differences in basic taste indexes, aftertaste indexes showed opposite trends. The results of analysis of variance indicated that the relative abundance of saltiness, richness, and aftertaste-A were significantly higher in fumaric acid. Through principal coordinate analysis (PCA), canonical correspondence analysis (CCA), and multivariate analysis of variance (MANOVA) showed that there were significant difference in taste profile characterization of different acidulant samples. Thus, the electronic tongue as a kind of modern intelligent sensory instrument shows a great potential in the evaluation of quality for acidulant.

Key words: acidulant; electronic tongue; taste; quality evaluation

酸味剂是指以赋予食品酸味为主要目的食品添加剂^[1]。在食品加工中, 酸味剂除了可以控制食品体系的酸碱度外, 还可以作为香味辅助剂、螯合剂和缓冲剂^[2]。由于酸味剂分子所带羟基、羧基和氨基的数量及其在分子结构中位置不同, 因而酸味剂不仅有酸味, 同时还可能带有苦味、涩味和鲜味等滋味^[3]。然而令人遗憾的是, 目前关于酸味剂滋味品质研究的报道尚少。

研究人员可以采用感官鉴别和电子舌系统对食

品的滋味品质进行评价, 虽然感官鉴别具有快捷、迅速、灵敏度高和综合性强等诸多优点, 然而其亦存在受主观因素影响大和所表达内容笼统模糊的缺点^[4]。电子舌采用人工脂膜技术, 实现了酸、苦、涩、咸和鲜等基本味及苦、涩和鲜味 3 个基本味指标回味的数字化评价, 具有结果准确和感受阈值及强度与人保持一致的优点^[5], 目前已经广泛应用于啤酒^[6]、调味品^[7]、红酒^[8]、茶饮料^[9]、水产品^[10]和甜面酱^[11]等食品的滋味品质评价中, 然而在酸味剂滋味品质评价中的应用报道尚少。

本研究采集了 11 种常见的酸味剂, 通过采用电子舌和多元统计学方法相结合的手段, 对各酸味剂 1 g/L 水溶液的滋味品质进行了比较研究, 对电子舌在酸味剂滋味品质评价中应用的可行性进行了探讨。

基金项目: 湖北文理学院大学生创新创业训练计划项目(2017); 湖北文理学院食品新型工业化学学科群建设项目(2016)

作者简介: 杨小丽(1996—), 女(汉), 本科, 研究方向: 食品生物技术。

* 通信作者: 郭壮(1984—), 男, 讲师, 博士, 研究方向: 食品生物技术。

1 材料、试剂与仪器

1.1 材料与试剂

磷酸和乙酸(均为食品级):购于济南鑫龙海工贸有限公司;乳酸、酒石酸、DL-苹果酸、L-苹果酸、马来酸、富马酸和柠檬酸(均为食品级):购于河南明瑞食品添加剂有限公司;琥珀酸和抗坏血酸(均为食品级):购于山东潍坊英轩实业有限公司;内部溶液、参比溶液、阴离子溶液和阳离子溶液:均由日本 Insent 公司提供。

1.2 主要仪器

SA402B 电子舌(配备 CA0、C00、AE1、CT0 和 AAE 测试传感器各 1 个,参比电极 2 个):日本 Insent 公司;AG-BS2245 分析天平:北京赛多利斯仪器系统有限公司。

2 试验方法

2.1 溶液的配制

称取磷酸、柠檬酸、乳酸、酒石酸、L-苹果酸、马来酸、富马酸、抗坏血酸、乙酸、琥珀酸和 DL-苹果酸各 0.25 g,使用容量瓶分别定容至 250 mL,配制成 1 g/L 的溶液备用。

2.2 传感器的活化

向 CA0、C00、AE1、CT0 和 AAE5 个测试传感器中分别加入 200 μ L 内部溶液,并置于参比溶液中活化 24 h 备用。向 2 个参比电极中加内部溶液至液面距离玻璃管顶部约 5 mm 位置后,置于 3.3 mol/L 氯化钾溶液中活化 24 h 备用。

2.3 常用酸味剂各滋味指标相对强度的测定

参照文献[12]中方法进行测定,即:

1)传感器在阴离子或阳离子溶液中洗涤 90 s 后,于参比溶液 1 和 2 中分别洗涤 120 s。

2)洗涤后的传感器在参比溶液 3 中浸泡 30 s,测得参比溶液的电势值 V_r 。

3)传感器在样品中浸泡 30 s,测得电势值 V_s , $V_s - V_r$ 值即为各个基本味的相对强度值,其中 CA0、C00、AE1、CT0 和 AAE 传感器分别完成样品酸、苦、涩、咸和鲜味的的评价。

4)C00、AE1 和 AAE3 个传感器在参比溶液 4 和 5 中分别洗涤 3 s 后于参比溶液 6 中浸泡 30 s,测得参比溶液电势值 V_r' ,上述 3 个传感器所对应的 $V_r' - V_r$ 的值即为样品苦、涩和鲜味的回味。

其中,参比溶液 1-6 组分相同。

SA402B 电子舌系统每个循环仅能完成 10 个样品的测定,故纳入本研究的 11 个样品共分 2 个循环完成测定,为减少系统误差,每个循环测定时均设置柠檬

酸样品为内参样品,并将其各滋味指标的值设置为 0。

2.4 统计分析

每个样品重复测定 4 次,为减少系统误差,仅选取后 3 次测量数据作为本研究分析的原始数据。通过单因素方差分析(analysis of variance,ANOVA)对不同酸味剂各滋味指标的差异性进行分析,使用主成分分析(principal component analysis,PCA)、典范对应分析(canonical correspondence analysis,CCA)、聚类分析(cluster analysis,CA)和多元方差分析(multivariate analysis of variance,MANOVA)对不同酸味剂滋味品质整体结构的差异进行分析。使用 Matlab 2010b 软件(The MathWorks,Natick,MA,USA)进行数据分析,使用 Origin 8.5 软件(OriginLab,MA,USA)作图。

3 结果与讨论

3.1 常用酸味剂各滋味指标的差异性分析

本研究使用电子舌系统对常用酸味剂的酸味、苦味、涩味、鲜味、咸味、后味 A(涩的回味)、后味 B(苦的回味)和丰度(鲜的回味)8 个滋味指标进行了数字化评价,常用酸味剂各滋味指标的相对强度值如图 1 所示。

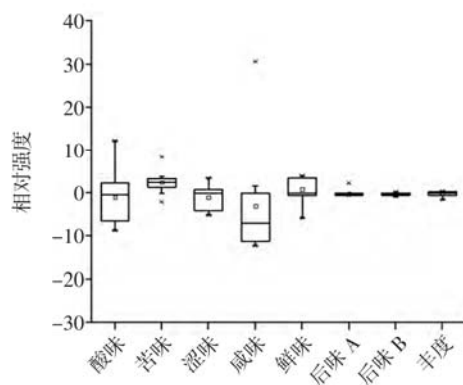


图 1 常用酸味剂各滋味指标相对强度值的箱形图 (n=11)

Fig.1 The box plot of relative intensity of each taste index in commonly acidulant samples (n=11)

由图 1 可知,纳入本研究的 11 种酸味剂样品在咸味和酸味 2 个指标上的差异性较大,其极差值分别为 42.94 和 21.03,其次为苦味、鲜味和涩味,其极差值分别为 10.51、9.79 和 8.52,而在后味 A(涩的回味)、丰度和后味 B(苦的回味)3 个指标上的差异较小,仅为 2.83、1.91 和 1.13。使用 SA402B 电子舌系统对食品的滋味品质进行评价时,若两个样品在某一个滋味指标上的强度值之差大于 1,则该差异即使通过感官鉴评的方法也可以区分开来^[5]。由此可见,当将常用酸味剂配制成 1 g/L 浓度时,部分酸味剂之间在除酸味以外其

他滋味指标上的差异,即使通过感官鉴评的方法亦能予以区分开。常用酸味剂各滋味指标的差异性分析如

表 1 所示。

由表 1 可知,通过使用 SA402B 电子舌系统对 1 g/L

表 1 常用酸味剂各滋味指标的差异性分析

Table 1 Significance analysis of each taster index in commonly acidulant samples

酸味剂	酸味	苦味	涩味	咸味	鲜味	后味 A	后味 B	丰度
磷酸	12.31±0.11 ^A	2.37±0.10 ^C	-4.06±0.51 ^C	-12.25±0.27 ^J	-5.83±0.08 ^F	-0.39±0.04 ^{DE}	0.26±0.03 ^A	-0.56±0.12 ^{DE}
柠檬酸	0.00±0.01 ^D	0.00±0.00 ^J	0.00±0.00 ^D	0.00±0.00 ^C	0.00±0.00 ^D	0.00±0.00 ^B	0.00±0.00 ^{AB}	0.00±0.12 ^C
乳酸	0.16±0.03 ^C	1.64±0.07 ^H	-2.36±0.09 ^F	-10.62±0.17 ^H	-0.52±0.08 ^E	-0.5±0.03 ^F	-0.49±0.04 ^{AB}	-0.07±0.15 ^{CD}
酒石酸	2.36±0.03 ^B	2.97±0.03 ^D	-0.07±0.14 ^D	-9.28±0.08 ^G	-1.51±0.11 ^{EF}	-0.05±0.07 ^B	0.00±0.04 ^B	0.09±0.11 ^{BC}
L-苹果酸	-0.59±0.05 ^F	2.50±0.06 ^F	0.76±0.09 ^B	-1.92±0.02 ^E	-0.02±0.08 ^D	-0.14±0.04 ^C	-0.19±0.07 ^C	0.15±0.11 ^{ABC}
马来酸	2.24±0.20 ^B	-2.10±0.04 ^K	0.53±0.06 ^C	1.62±0.06 ^B	3.05±0.21 ^C	-0.05±0.03 ^B	-0.50±0.07 ^C	-0.80±0.23 ^E
富马酸	-3.52±0.19 ^G	8.41±0.10 ^A	3.42±0.08 ^A	30.69±0.18 ^A	3.96±0.15 ^A	2.24±0.23 ^A	-0.81±0.18 ^C	-1.54±0.12 ^E
抗坏血酸	-8.36±0.06 ^I	3.84±0.05 ^B	-5.10±0.33 ^H	-11.21±0.16 ^I	3.51±0.06 ^{AB}	-0.59±0.04 ^C	-0.32±0.06 ^D	0.37±0.13 ^A
乙酸	-8.72±0.01 ^J	3.32±0.15 ^C	-4.05±0.31 ^C	-12.07±0.28 ^J	3.44±0.04 ^B	-0.47±0.06 ^{EF}	-0.34±0.04 ^D	0.28±0.07 ^A
琥珀酸	-6.40±0.03 ^H	1.38±0.02 ^I	-1.01±0.04 ^E	-7.03±0.11 ^F	3.14±0.03 ^C	-0.57±0.02 ^G	-0.87±0.08 ^E	0.22±0.08 ^{AB}
DL-苹果酸	-0.43±0.01 ^E	2.7±0.01 ^E	0.73±0.05 ^B	-1.83±0.04 ^D	-0.01±0.02 ^D	-0.26±0.02 ^{CD}	-0.34±0.06 ^E	0.02±0.07 ^C

注:含有相同字母的同一列数据间差异不显著($P>0.05$)。

的常用酸味剂各滋味指标进行数字化评价时发现,马来酸、磷酸、酒石酸和乳酸 4 种酸味剂其酸味强度值显著高于柠檬酸($P<0.05$),而其他酸味剂呈现出相反的趋势($P<0.05$)。有文献报道称酒石酸、乳酸和磷酸的酸度均强于柠檬酸,而抗坏血酸酸度低于柠檬酸,若将柠檬酸的酸味强度定义为 100,则酒石酸和乳酸为 120~130,磷酸为 200~300,抗坏血酸为 50^[4],由此可见该研究结果与本研究一致。由表 1 亦可知,相对于柠檬酸而言,磷酸、乳酸、酒石酸、富马酸、抗坏血酸、乙酸、琥珀酸和苹果酸等均兼有苦味或者涩味。值得一提的是,相对于其他常用酸味剂,富马酸具有较强的咸味、鲜味和后味 A(涩的回味)。

3.2 基于 PCA 常用酸味剂滋味品质整体结构的差异性分析

本研究使用电子舌系统对 11 个样品的 8 个滋味指标进行了数字化评价,在构建 11 行×8 列矩阵的基础上,使用 PCA、CCA、CA 和 MANOVA 对常用酸味剂滋味品质整体结构的差异性进行了分析。经 PCA 发现,常用酸味剂滋味品质的信息主要集中在前 3 个主成分,其累计方差贡献率为 90.52%。常用酸味剂滋味品质的主成分 1 与主成分 2 因子载荷图如图 2 所示。

由图 2 可知,第一主成分的贡献率为 50.02%,由丰度(鲜的回味)、后味 A(涩的回味)和咸味 3 个指标构成,第二主成分的贡献率为 28.96%,由酸味、后味 B(苦的回味)和鲜味 3 个指标构成。常用酸味剂滋味品质的主成分 1 与主成分 2 因子得分图如图 3 所示。

由图 3 可知,在以两个权重最高的主成分 PC1 和

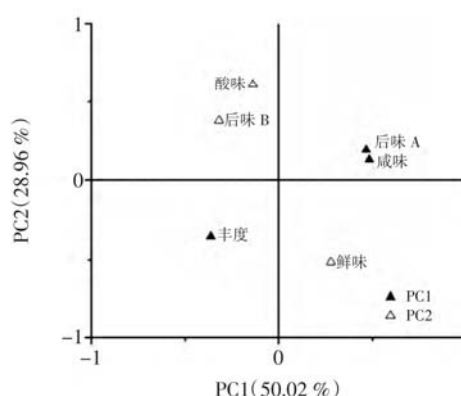


图 2 常用酸味剂滋味品质的主成分 1 与主成分 2 因子载荷图

Fig.2 Graphical representation of the principal component analysis of the taste profile characterization in commonly acidulant samples showing PC1 vs. PC2: factor loading

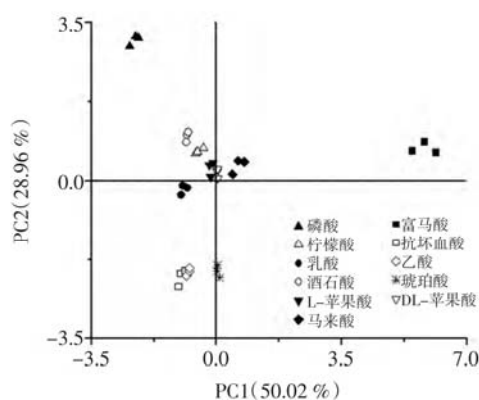


图 3 常用酸味剂滋味品质的主成分 1 与主成分 2 因子得分图

Fig.3 Graphical representation of the principal component analysis of the taste profile characterization in commonly acidulant samples showing PC1 vs. PC2: factor scores

PC2 作图时,纳入本研究的 11 个常用酸味剂样品在空间排布上呈现出明显的分离趋势:富马酸主要分布在第一象限,较之其他酸味剂样品排布明显偏右;抗坏血酸、乙酸和琥珀酸主要分布在 Y 轴反方向和第三象限,较之其他酸味剂样品明显偏下方;磷酸样品主要分布在第二象限,较之其他样品明显偏左上方;而酒石酸、柠檬酸、L-苹果酸、DL-苹果酸、乳酸和马来酸主要集中在原点附近。由此可见,不同酸味剂样品其滋味品质可能存在一定的差异性。

结合因子载荷图(图 2)和因子得分图(图 3)我们可以定性的认为,富马酸的后味 A(涩的回味)和咸味强度、磷酸的酸味和后味 B(苦的回味)强度及抗坏血酸、乙酸和琥珀酸的丰度(鲜的回味)强度要明显高于其他常用酸味剂样品,该结果与常用酸味剂各滋味指标的差异性分析结果相同。

3.3 基于 CCA 常用酸味剂滋味品质整体结构的差异性分析

相对于 PCA 这一无监督的空间排布方法而言,CCA 作为有监督的空间排布方法不仅考虑了各指标的数值同时还考虑了环境因子,有效弥补了 PCA 的局限性。基于 CCA 的常用酸味剂滋味品质的评价如图 4 所示。

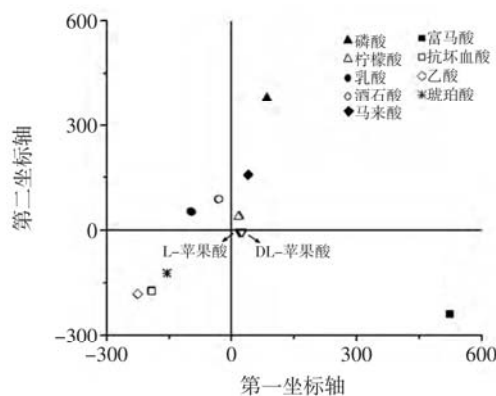


图 4 基于典范对应分析的常用酸味剂滋味品质的评价

Fig.4 Canonical correspondence analysis of profile characterization in commonly acidulant samples

由图 4 可知,通过 CCA 发现,纳入本研究的 11 个常用酸味剂样品在空间排布上亦呈现出明显的分离趋势,其中酒石酸、柠檬酸、L-苹果酸、DL-苹果酸、乳酸和马来酸亦主要集中在原点附近,而富马酸较之其他酸味剂样品排布明显偏右,抗坏血酸、乙酸和琥珀酸主要分布在第三象限,磷酸较之其他酸味剂样品明显偏上方。由此可见,CCA 结果进一步验证了 PCA 结果,即不同酸味剂样品其滋味品质存在一定的差异性。

3.4 基于 CA 常用酸味剂滋味品质整体结构的差异性分析

马氏距离在考虑各种数据之间关联性的基础上,可以对两个未知样本集的相似度进行计算^[13]。本研究进一步采用基于马氏距离的聚类分析,对常用酸味剂滋味品质的相似性进行了评价。基于马氏距离聚类的常用酸味剂滋味品质的评价如图 5 所示。

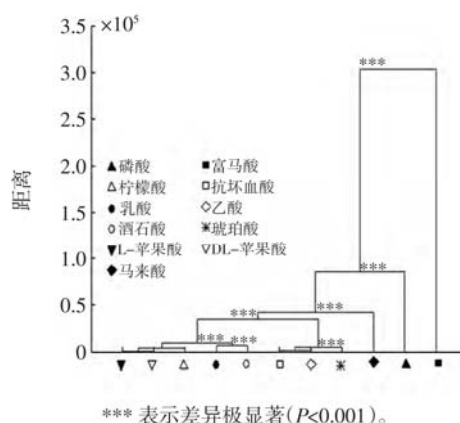


图 5 基于马氏距离聚类的常用酸味剂滋味品质的评价

Fig.5 The evaluation of the characterization profile in commonly acidulant samples based on the Mahalanobis distance analysis

由图 5 可知,L-苹果酸、DL-苹果酸、柠檬酸、乳酸和酒石酸 5 种酸味剂整体滋味品质较为相似,其中酒石酸和乳酸分别与其他 4 种酸味剂差异均极为显著($P < 0.001$),而 L-苹果酸、DL-苹果酸和柠檬酸 3 种酸味剂间整体滋味品质差异不显著($P > 0.05$)。抗坏血酸、乙酸和琥珀酸 3 种酸味剂整体滋味品质较为相似,其中琥珀酸与其他 2 种酸味剂差异均极为显著($P < 0.001$),而抗坏血酸和乙酸差异不显著($P > 0.05$)。值得一提的是,富马酸、磷酸和马来酸滋味品质整体结构与其他样品差异均显著($P < 0.001$)。

4 结论

本研究采用电子舌和多元统计学方法相结合的手段,对 11 种常用酸味剂的滋味品质进行了评价,结果发现不同酸味剂的整体滋味品质差异显著,且不同酸味剂在咸味、酸味、苦味、鲜味和涩味等基本味指标上的差异较大,而在后味 A、丰度和后味 B 等回味指标上的差异较小。

参考文献:

- [1] 吴婕,刘玉梅.黄腐酚与食品酸味剂的协同抗氧化活性研究[J].中国食品添加剂,2015(8):91-96

高效液相色谱法检测运动饮料中的L-肉碱

周文清

(景德镇陶瓷大学,江西 景德镇 333000)

摘要: 建立一种快速、有效的高效液相色谱法测定运动饮料中L-肉碱的方法。样品经1.0 mmol/L盐酸提取后,采用MCX固相萃取小柱进行净化和富集。采用RP C18柱(4.6 mm×250 mm, 5 μm)分离,以乙腈:辛烷磺酸钠(50 mmol/L)=25:75(体积比)作为流动相,用PDA检测器检测,外标法峰面积定量。结果表明,L-肉碱标液在1.0 μg/mL~20.0 μg/mL浓度范围内线性良好,相关系数 r^2 为0.999,检出限为0.1 mg/kg,定量限为0.3 mg/kg,加标回收率达到82.3%~84.1%。
关键词: 高效液相色谱;运动饮料;L-肉碱

Determination of L-Carnitine in Sports Drink by HPLC

ZHOU Wen-qing

(Jingdezhen Ceramic Institute, Jingdezhen 333000, Jiangxi, China)

Abstract: A rapid and effective method was established for the determination of L-carnitine in sports drink by HPLC. After the sample was extracted by 1.0 mmol/L HCl, it concentrated and purified by MCX solid phase extraction column. The separation of targeted compound was performed on RP C18 column (4.6 mm×250 mm, 5 μm) using acetonitrile: sodium octane sulfonate (50 mmol/L) (25:75, volume ratio) as mobile phase, with PDA detector and external standard method peak area quantification. The linear range of L-carnitine was in the range of 1.0 μg/mL~20.0 μg/mL with a correlation coefficient of 0.999. The detection limit was 0.1 mg/kg and the quantitative limit was 0.3 mg/kg. The recovery rate was 82.3%~84.1%.

Key words: high performance liquid chromatography (HPLC); sports drink; L-carnitine

作者简介:周文清(1980—),女(汉),讲师,硕士研究生,研究方向:运动人体科学。

- [2] 崔清波. 微胶囊化酸味剂及其在食品中的应用研究[D]. 无锡:江南大学,2008:4-6
- [3] 郝利平,聂乾忠,陈永泉,等. 食品添加剂[M]. 北京:中国农业大学出版社,2009:126-131
- [4] 韩北忠,童华荣. 食品感官评价[M]. 北京:中国林业出版社,2009:123-135
- [5] Kobayashi Y, Habara M, Ikezaki H, et al. Advanced taste sensors based on artificial lipids with global selectivity to basic taste qualities and high correlation to sensory scores[J]. *Sensors*, 2010, 10(4): 3411-3443
- [6] Gutiérrez J M, Haddi Z, Amari A, et al. Hybrid electronic tongue based on multisensor data fusion for discrimination of beers[J]. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 2013, 177(2): 989-996
- [7] 王素霞,赵镭,史波林,等. 基于差别度的电子舌对花椒麻味物质的定量预测[J]. *食品科学*, 2014, 35(18): 84-88
- [8] Rodriguez-mendez M L, Apetrei C, Gay M, et al. Evaluation of oxygen exposure levels and polyphenolic content of red wines using an electronic panel formed by an electronic nose and an electronic tongue[J]. *Food chemistry*, 2014, 155(7): 91-97
- [9] Roy R B, Tudu B, Shaw L, et al. Instrumental testing of tea by combining the responses of electronic nose and tongue[J]. *Journal of food engineering*, 2012, 110(3): 356-363
- [10] 张晶晶,顾赛麒,丁玉庭,等. 电子舌在中华绒螯蟹产地鉴别及等级评定的应用[J]. *食品科学*, 2015, 36(4): 141-146
- [11] 王璐,黄明泉,孙宝国,等. 电子舌技术在甜面酱口感评价中的应用[J]. *食品科学*, 2012, 33(20): 347-351
- [12] 王玉荣,张俊英,胡欣洁,等. 湖北孝感和四川成都地区来源的酒曲对米酒滋味品质影响的评价[J]. *食品科学*, 2015, 36(16): 207-210
- [13] 魏书堤,姜小奇. 基于马氏距离聚类的群体决策算法[J]. *当代教育理论与实践*, 2011, 3(1): 89-91

收稿日期:2016-09-15