基于电子舌技术的襄阳市售米酒滋味品质评价

郭　壮，汤尚文，王玉荣，吴　梦，蔡宏宇，李云捷
（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：本研究采用电子舌技术和多变量统计学方法相结合的手段，对湖北襄阳市市售米酒的滋味品质评价分析。结果表明，41 个市售米酒样品间基本味觉和回味指标差异均非常显著（$p<0.01$），通过主成分和围绕中心点的分割算法分析均发现市售米酒样品依据其滋味品质均可划分为两个聚类，由冗余分析发现两个聚类间的差异是由于涩味、苦味以及后味 A（涩味的回味）等三个指标导致的。由此可见，电子舌作为一种新型的现代化智能感官仪器，在米酒的滋味品质评价中具有巨大应用潜力。
关键词：米酒，电子舌，多变量统计学，品质评价

Taste profile characterization of commercial rice wine in Xiangyang by electronic tongue analysis

GUO Zhuang，TANG Shang-wen，WANG Yu-rong，WU Meng，CAI Hong-yu，LI Yun-jie
（Northwest Hubei Research Institute of Traditional Fermented Food，College of Chemical Engineering and Food Science，Hu Bei University of Arts and Science，Xiangyang 441053，China）

Abstract: In this paper，the taste profile characterizations of commercial rice wine in Xiangyang were studied by electronic tongue and multivariate statistics.The results showed that there were significant difference in basic taste and aftertaste among 41 commercial rice wines.Both principal component analysis（PCA）and partitioning around medoids（PAM）showed all commercial rice wine samples could be divided into two clusters based on taste profile.Meanwhile，astringency，bitterness and aftertaste-A were identified by redundancy analysis（RDA）as key variables significantly associated with the taste profile difference.Thus，the electronic tongue as a kind of modern intelligent sensory instrument shows a great potential in the evaluation of quality for commercial rice wine.
Key words: rice wine; electronic tongue; multivariate statistics; quality evaluation
中图分类号：TS201.7　　**文献标识码：**A　　**文 章 编 号：**1002-0306（2015）15-0289-05
doi：10.13386/j.issn1002-0306.2015.15.052

食品的滋味品质影响消费者对产品的接受性和喜好程度，米酒作为发酵类含酒精饮料而深受消费者的喜爱[1]，然而目前国内关于市售米酒滋味品质评价的研究尚少。虽然有学者采用感官鉴评的方法对韩国市售米酒的滋味品质进行了评价[2-3]，然而感官鉴评受主观因素影响大，有所表达的内容笼统模糊等不足之处[4]，在一定程度上较难保证结果的准确性。

智能味觉分析系统，即电子舌，采用了同人舌头味觉细胞工作原理相类似的人工脂膜传感器技术，可以客观数字化的评价食品或药品等样品的苦味（Bitterness）、涩味（Astringency）、酸味（Sourness）、咸味（Saltiness）和鲜味（Umami）等基本味觉感官指标，同时还可以对苦的回味（Aftertaste-B）、涩的回味（Aftertaste-A）和丰富度（鲜的回味，Richness）进行评价，具有感受阈值和感知味强度与人保持一致、对味觉物质有高选择性且对一类味觉物质具有整体选择性、能够体现味觉物质间的相互作用的特性和建立味觉标尺的特点[5]。目前智能味觉分析系统已经广泛应用于茶饮料[6-7]、鱼肉[8]、葡萄酒[9]、高汤[10]以及啤酒[11]等食品的滋味品质评价中，但其在米酒中的应用还尚未见报道。

使用电子舌对食品的滋味进行数字化评价会得到 8 个变量的数据，为了从这些数据中有效挖掘出足够的信息，引入了各种多变量统计学方法来研究各滋味指标与各样品之间的关系是极为必要的。本研究在湖北襄阳市采集了 41 个市售米酒样品，拟采用电子舌技术和多元统计学方法相结合的手段，对

收稿日期：2014-10-27
作者简介：郭壮（1984-），男，博士，研究方向：食品生物技术，E-mail：guozhuang1984@163.com。
基金项目：湖北文理学院科研启动经费资助项目；湖北省教育厅科学技术研究计划青年人才项目。

襄阳市售米酒的滋味进行了评价和分析。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

分别从襄阳市沃尔玛购物广场、武商购物中心、美联超市及各早餐摊点购买米酒样品41个。其中1~25号、34~36号、38号、40号和41号等31个样品产地为湖北省孝感市,26~28号、33号、37号和39号等6个样品产地为湖北省武汉市,29~32号等4个样品产地为四川省成都市。所有样品配料均为水、糯米和酒曲,7号、12号、24号、29号、34号和37号样品亦添加了白砂糖。除此以外,1号样品还添加了枸杞(含量>8%)、15号、35号和41号样品添加了明列子(含量不明)、19号和21号样品添加了桂花(含量不明)。

咸、酸、鲜、苦(+)、苦(-)和涩味的味觉标准溶液 均由Insent公司提供;氯化钾、氯化银、酒石酸和氢氧化钾 均购于国药集团化学试剂有限公司;浓盐酸和无水乙醇 分别由西陇化工有限公司和洛阳化学试剂厂提供;农药速测卡 由广州绿洲生化科技股份有限公司提供。

SA 402B味觉分析系统 日本Insent公司,该系统配备5个测试传感器(taste sensor)和2个参比传感器(reference sensor),其中AAE、CT0、CA0、AE1和C00测试传感器分别用于测试鲜味、咸味、酸味、涩味还有苦味;SHZ-D水循环多用真空泵 巩义市予华仪器有限责任公司;LXJ-IIB低速大容量多管离心机 上海安亭科学仪器厂。

1.2 实验方法

1.2.1 米酒样品的预处理 称取200 g米酒样品,常温下3000×g离心10 min后,使用快速滤纸对上清液进行过滤,滤液备用。

1.2.2 电子舌用溶液的配制 将248.2 g氯化钾溶解于蒸馏水定容至1 L后,加入10 mg氯化银并搅拌8 h,制得内部溶液(internal solution);将2.2365 g氯化钾和0.045 g酒石酸溶解于蒸馏水后定容至1 L,制得参比溶液(reference solution);将300 mL乙醇和8.3 mL浓盐酸加水定容至1 L,制得阴离子溶液(Negatively solution);将7.46 g氯化钾、300 mL乙醇和0.56 g氢氧化钾加水定容至1 L,制得阳离子溶液(Positively solution)。

1.2.3 电子舌传感器的活化 测试传感器的活化:按照电子舌操作说明书,从传感器中取出Ag/AgCl电极后,加入200 μL内部溶液,在确定没有气泡后重新组装传感器,并置于参比溶液中活化24 h备用。

参比传感器的活化:从传感器中取出参比电极后加入内部溶液,在确定没有气泡后重新组装传感器,并置于3.33 mol/L的KCl溶液中活化24 h备用。

1.2.4 使用电子舌对米酒样品进行测定 为保证传感器相应信号的稳定性和准确性,在数据采集前味觉分析系统需进行自检和诊断。为了减少不同批次的米酒样品测定过程中存在的系统误差,每次进行测定时均会添加一个内标样品。按照电子舌操作说明书,将100 mL米酒滤液均匀倒在两个样品杯中,传感器在含有酒精的阴离子或阳离子溶液中浸没90 s,以便清洗去除传感器上的吸附物质后,在参比溶液1和2中分别洗涤120 s,继而在参比溶液3中浸泡30 s得到参比溶液电势Vr,随后在待测样品中浸泡30 s得到样品溶液电势Vs,通过不同传感器Vs-Vr的电势差值可对鲜味、酸味、咸味、苦味、涩味等基本值进行评价;参比溶液4和5中分别洗涤3 s后于参比溶液6中浸没30 s,检测到电势Vr′,通过Vr′-Vr的电势差可检测样品苦味、鲜味或涩味的回味,其中1~6号参比溶液组分完全相同。每个米酒样品重复测4次,选取后3次测量的数据作为本研究分析的原始数据。

1.2.5 市售米酒部分理化性质的测定 可溶性固形物:采用GB/T12295-90《可溶性固形物含量的测定—折射仪法》中的折射仪法进行测定。酒精度:采用GB/T 15038-2006《葡萄酒、果酒通用分析方法》中的酒精计法进行测定。使用农药速测卡对米酒中的农药残留情况进行定性分析。

1.2.6 统计分析 在使用电子舌对米酒样品进行测定的基础上,以41个样品的鲜味、酸味、咸味、苦味、涩味、后味-A、后味-B和丰度的测量数据为评价指标,构建41行×8列的矩阵进而进行多元统计学分析。RDA分析采用canoco4.5软件(Microcomputer Power,NY,USA);通过调用R软件(http://www.r-project.org/)下的'ade4'包计算各米酒样品滋味间的延森-香农分歧距离(Jensen-Shannon divergence distances,JSDs),通过围绕中心点的分割算法(Partitioning Around Medoids,PAM)对米酒样品进行聚类分析,并通过Calinski-Harabasz指数(CH Index)确定最佳的聚类数量;其他分析均采用Matlab 2010b软件(The MathWorks,Natick,MA,USA)。

2 结果与讨论

2.1 市售米酒各滋味差异性分析

由表1可知,襄阳市售41个米酒样品其苦味、涩味、酸味、咸味和鲜味等5个基本味觉指标,后味A(涩味的回味)、后味B(苦味的回味)和丰度(鲜味的回味)等3个基本味的回味指标差异均非常显著($p<0.01$)。由总变异值的大小可知,米酒样品在咸味、苦味和涩味等3个基本味指标上的差异性较大,远大于酸味、涩味的回味、鲜味和鲜味的回味。使用电子舌对实验样品滋味品质评价时,只要两个样品在同一指标上的差值大于1,则其差异通过感官鉴评亦可以区分出来。由此可见,虽然41个米酒样品在苦的回味上差异较小,但是部分样品间的差异通过感官鉴评亦可以区分出。苦味作为米酒滋味评价的一个缺陷型指标,其通常由米酒样品中的多酚类物质、单宁酸、酪胺和酪醇等物质引起[12],而涩味作为另外一个缺陷型指标,其通常是由于米酒制作过程中产生的多酚类物质等收敛剂与唾液中富含脯氨酸的蛋白质结合而产生[13]。经person相关性分析发现,米酒样品的苦味与涩味呈现极显著正相关($R=0.953$,$p<0.001$),而与酸味呈显著负相关($R=-0.343$,$p<0.05$)。

表1 基于电子舌技术的市售米酒样品各滋味指标的差异性分析(n=41)

Table 1 The significance analysis of each index of commercial rice wine by electronic tongue analysis(n=41)

项目	酸味	苦味	涩味	鲜味	咸味	后味A	后味B	丰度
F值	376.46	3055.86	6500.79	24.03	5384.64	332.51	14.19	82.18
总变异	678.88	3137.74	2660.98	110.31	5496.52	209.58	14.61	116.69
极差	9.43	18.50	20.44	4.83	31.63	4.55	1.17	3.79

注:$F_{0.05}$=1.54,$F_{0.01}$=1.85。

2.2 基于主成分分析的市售米酒滋味品质评价

主成分分析法(principal component analysis, PCA)作为一种常用的多元统计分析方法,其利用降维的思想,根据各指标之间的相关性,将多个指标转化为少数几个彼此不相关的综合指标,从而具有减少变量而又尽可能多的捕获数据信息量的作用,该方法在食品尤其是基于电子舌技术的食品滋味品质评价中有广泛的应用[14-15]。因此本研究使用主成分分析法,对基于电子舌技术的襄阳市售米酒滋味品质进行整体评价分析。

由因子载荷图(图1)可知,第一主成分的贡献率为78.1%,由苦味,丰度(鲜味回味)、后味A(涩味回味)、咸味等4个指标构成。第二主成分的贡献率为18.6%,由酸味、鲜味、后味B(苦味回味)和涩味等4个指标构成。

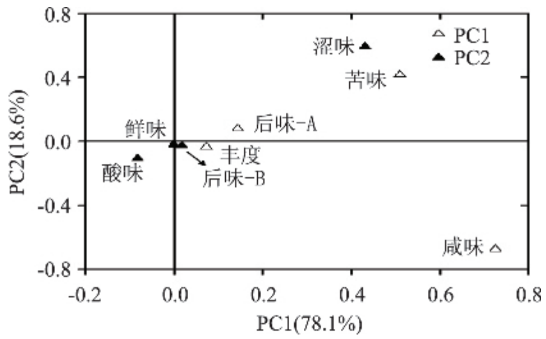

图1 基于电子舌技术的市售米酒滋味品质的主成分1与主成分2因子载荷图

Fig.1 Graphical representation of the principal component analysis of the taste profile characterization of commercial rice wine by electronic tongue showing PC1 vs.PC2: Factor loading

由因子得分图(图2)可知,41个米酒样品的分布呈现出明显的聚类趋势,其中7个样品的空间排布与其余样品明显分离,在因子得分图上的分布整体偏右,即该7个米酒样品的苦味,丰度(鲜味回味)、后味A(涩味回味)和咸味较之其他样品明显偏重。值得一提的是,6个武汉市和4个成都市生产的米酒样品其空间排布与多数孝感样品具有较大的重叠,没有明显的聚类趋势,这在一定程度上说明纳入本研究的不同地域工业化生产的米酒其整体滋味品质差异不大。究其原因可能在于米酒在工业化生产过程中所使用的多为商业化的酒曲,同时发酵过程中温度更易于控制,在一定程度上减少了微生物的多样性,从而使得不同产品间的差异较小。此外,部分米酒生产企业为了保证产品质量的稳定性和使产品具有较好的口感,在产品生产后期使用了柠檬酸等酸味剂,这也在一定程度上减少了产品滋味的差异性。值得一提的是,由于本研究所采集的商业化米酒样品多为孝感地区生产,不同区域生产的样品其采集数量的不平衡性可能会对实验结果产生一定的影响。

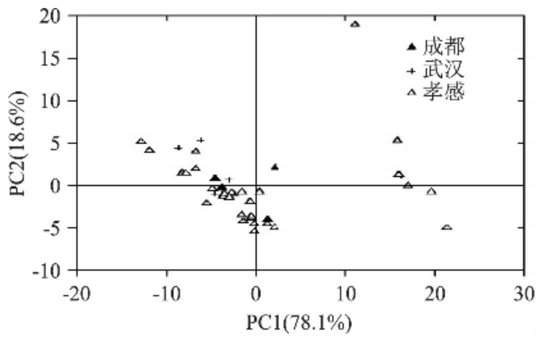

图2 基于电子舌技术的市售米酒滋味品质的主成分1与主成分2因子得分图

Fig.2 Graphical representation of the principal component analysis of the taste profile characterization of commercial rice wine by electronic tongue showing PC1 vs.PC2: Factor scores

因为主成分分析只是定性的对样品进行空间排布,为了进一步判定41个米酒样品是否存聚类及存在聚类的数量,在计算各米酒样品滋味间JSDs的基础上,我们将通过PAM分析对米酒样品进行聚类分析,并通过Calinski-Harabasz(CH)指数确定其最佳的聚类数量。

2.3 基于PAM分析的市售米酒滋味品质评价

由图3可知,41个米酒样品分成2个聚类时其CH指数最高(为68.4),CH指数通常用来评价聚类分析结果的可靠性,只有该指数大于50时其结果可具有统计学意义[16],由此可知,襄阳市售米酒样品依据整体滋味品质可以划分为两个大类。由图4可知,PAM分析进一步证实纳入本研究的不同地域工业化生产的米酒其整体滋味品质差异不大,该结论与主成分分析结果相同。为进一步研究两个聚类样品间的差异,本研究将采用冗余分析(Redundancy analysis,RDA)对数据进行进一步的分析。

2.4 不同聚类间的市售米酒样品滋味差异性分析

冗余分析主要作用是通过解释变量的线性组合来尽最大可能解释响应变量的变异度[17]。根据PAM分析结果可知市售的41个米酒样品可以分成2个聚类,因此在RDA分析中以聚类1(Type1)/聚类2(Type2)分组作为起约束作用的解释变量,用于预测和解释全部8个滋味指标数据组成的响应变量。分

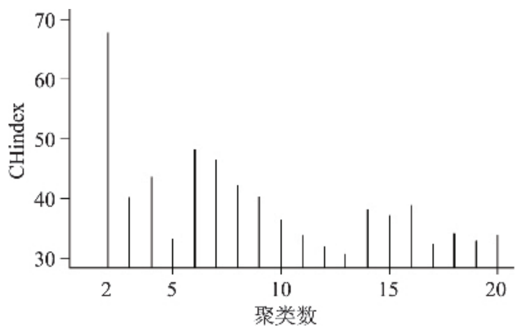

图3 基于延森-香农分歧距离的市售米酒最佳聚类数分析

Fig.3 The optimal cluster number of commercial rice wine using the Jensen-Shannon divergence distances

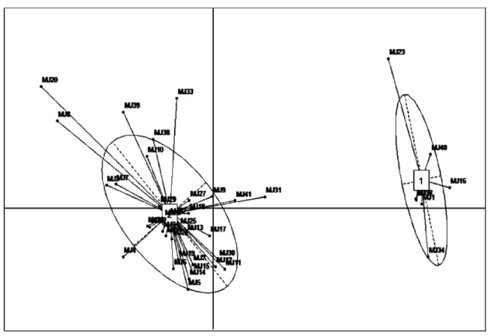

图4 基于PAM分析的市售米酒聚类分析

Fig.4 The cluster analysis of commercial rice wine using the PAM analysis

析结果表明，数据中有98.5%的变异度能够被Type1/Type2分组所解释。同时蒙特卡罗置换检验(MonteCarlo permutation test)表明Type1/Type2分组这一约束因素具有显著性($p=0.002$)。由图5可知，在全部的8个滋味指标中涩味、苦味以及后味A(涩的回味)等三个指标与RDA排序图约束轴上的样本赋值良好相关，因而我们认为正是这3个指标的不同导致了聚类1和聚类2两类米酒样品整体滋味品质存在较大差异。在RDA排序图中可以看到，涩味、苦味以及后味A(涩的回味)等3个指标均位于图的右边(即type2类米酒)，这说明聚类2中的米酒样品其涩味、苦味以及涩味的回味均强于聚类1。

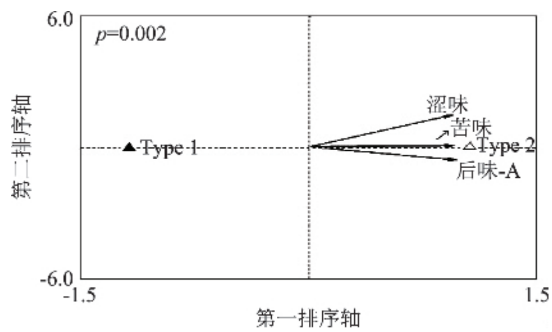

图5 RDA双序图

Fig.5 Biplot of the RDA

注：解释变量(聚类1/聚类2)由三角表示，左上角显示蒙特卡罗置换检验的p值。

我们对米酒样品的酒精度和可溶性固形物含量进行了分析，结果发现聚类1中米酒的酒精度和可溶性固形物含量分别为1.52±0.47和16.3±4.2($\bar{X}\pm SD$)，聚类2的为1.73±0.51和14.7±4.8($\bar{X}\pm SD$)，然而经Kruskal-Wallis检验发现两者差异均不显著($p>0.05$)。为了增加产品的保质期，部分不法企业或者商贩会向米酒中添加敌敌畏等农药，我们在前期研究中发现添加农药可以使米酒样品的苦味和涩味增加(未报道数据)，然而本研究通过农药速测卡对41个米酒样品进行了农残是否超标的定性检测，结果发现所有样品均呈现阴性。

3 结论

本研究表明市售米酒样品间基本味觉指标和回味指标差异均非常显著，且纳入本研究的市售米酒样品依据其滋味品质可划分为两个聚类，两个聚类间的差异是由于涩味、苦味以及后味A(涩味的回味)等三个指标导致的。

参考文献

[1] 胡欣洁，刘云.苦荞米酒发酵工艺条件的优化[J].食品研究与开发，2013，34(3)：43-47.

[2] Lee SJ，Lee KG.Understanding consumer preferences for rice wines using sensory data[J].Journal of the Science of Food and Agriculture，2008，88(4)：690-698.

[3] Jung H，Lee SJ，Lim JH，et al.Chemical and sensory profiles of makgeolli，Korean commercial rice wine，from descriptive，chemical，and volatile compound analysis[J].Food Chemistry，2014，152：624-632.

[4] 韩北忠，童华荣.食品感官评价[M].北京：中国林业出版社，2009.

[5] Lee DG，Kim K，Lee S.Taste profile characterization of white ginseng by electronic tongue analysis[J].African Journal of Biotechnology，2012，11(38)：9280-9287.

[6] 吴瑞梅，赵杰文，陈全胜，等.基于电子舌技术的绿茶滋味品质评价[J].农业工程学报，2011，27(11)：378-381.

[7] 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].农业工程学报，2009，25(11)：345-350.

[8] 韩剑众，黄丽娟，顾振宇，等.基于电子舌的鱼肉品质及新鲜度评价[J].农业工程学报，2008，24(12)：141-144.

[9] 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.

[10] Doi M.Evaluation of Kokumi Taste of Japanese Soup Stock Materials Using Taste Sensor[J].Sensors and Materials，2011，23(8)：493-499.

[11] 李阳，陈芹芹，胡雪芳，等.电子舌技术在啤酒口感评价中的应用[J].食品研究与开发，2008，29(11)：122-127.

[12] Joslyn MA，Goldstein LL.Astringency of fruits and fruit products in relation to phenolic content[J].Advanced Food Research，1964，13：179-217.

[13] Hagerman AE，Butler LG.The specificity of proanthcyanidin-protein interactions[J].Biological Chemistry，1981，256：4494-4497.

[14] Legina A，Rudnitskayaa A，Vlasova Y，et al.Tasting of

近红外漫反射技术检测甜樱桃果实质地研究

罗 枫[1],鲁晓翔[1,*],张 鹏[2],陈绍慧[2],李江阔[2]
(1.天津商业大学生物技术与食品科学学院,天津市食品生物技术重点实验室,天津 300134;
2.国家农产品保鲜工程技术研究中心,天津市农产品采后生理与贮藏保鲜重点实验室,天津 300384)

摘 要:以萨米脱樱桃为材料,利用近红外光谱技术研究贮藏过程中樱桃果实质地等方面模型建立的相关问题。实验在可见-近红外光谱(408.8~2492.8 nm)范围内,采用樱桃果实硬度、咀嚼性、回复性作为评价指标,对校正模型的不同预处理进行讨论。研究发现,三个模型在一阶微分导数下,果实硬度最优预处理是改进偏最小二乘法(MPLS)结合标准多元散射校正(SMSC),咀嚼性和回复性最优预处理是改进偏最小二乘法(MPLS)结合标准正常处理(SNV)。硬度、咀嚼性、回复性的校正误差SEC分别为0.110、0.035、0.009,校正相关性系数R_{cv}分别为0.974、0.949、0.921,预测相对分析误差RPD分别为3.38、3.24、3.27。结果表明,近红外光谱技术对贮藏过程中樱桃果实质地的检测具有可行性。
关键词:近红外,樱桃,果实质地,TPA

Near infrared diffuse reflection technology of cherry fruit texture detection

LUO Feng[1],LU Xiao-xiang[1,*],ZHANG Peng[2],CHEN Shao-hui[2],LI Jiang-kuo[2]
(1.Tianjin Key Laboratory of Food Biotechnology,College of Biotechnology and Food Science,Tianjin University of Commerce,Tianjin 300134,China;
2.Tianjin Key Laboratory of Postharvest Physiology and Storage of Agricultural Products,National Engineering and Technology Research Center for Preservation of Agricultural Products,Tianjin 300384,China)

Abstract: Near infrared spectrum technology was used to establish relative issues on the process of the refrigerated cherry fruit texture model by using Summit cherry as material.The research was carried out to discuss the different pretreatments of calibration model by using hardness,chewiness,resilience as the evaluation index under the range from 408.8 nm to 2492.8 nm of full spectrum.The results showed that the best pretreatment of hardness was the combination of MPLS and SMSC under the 1st,the best pretreatment of chewiness and resilience were the combination of MPLS and SNV under the 1st.Datas are analyzed: the calibration error SEC = 0.110,0.035,0.009,Rcv = 0.974,0.949,0.921,RPD = 3.38,3.24,3.27.It is concluded that near infrared spectroscopy is feasible to measure the content of texture in cherries during refrigeration.
Key words: near infrared spectroscopy; cherry; fruit texture; texture profile analysis
中图分类号:TS255.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-0306(2015)15-0293-05
doi:10.13386/j.issn1002-0306.2015.15.053

甜樱桃,属蔷薇科李亚科李属,味美可口,具有较高营养价值和保健功效,被誉为"果中珍品"[1]。由于甜樱桃肉软汁多,且盛夏(6~7月)时节采收上市,导致甜樱桃在贮运过程中很容易造成品质下降(果肉变软、表皮破损、风味变劣等)[2]。因此,对樱桃贮运过程中的品质监控十分必要,特别是研究简

收稿日期:2014-12-09
作者简介:罗枫(1988-),女,在读硕士,研究方向:农产品加工与贮藏,E-mail:403880675@qq.com。
* **通讯作者:**鲁晓翔(1962-),女,硕士,教授,研究方向:果蔬贮藏保鲜技术及其物流品质评价,E-mail:lxxiang@tjcu.edu.cn。
基金项目:"十二五"国家科技支撑计划项目(2012BAD38B01);天津市创新团队项目(TD12-5049)。

beverages using an electronic tongue[J].Sensors and Actuators B:Chemical,1997,44(1-3):291-296.
[15] 范佳利,韩剑众,田师一,等.基于电子舌的掺假牛乳的快速检测[J].中国食品学报,2011,11(2):202-208.
[16] Arumugam M,Raes J,Pelletier E,et al.Enterotypes of the human gut microbiome[J].Nature,2011,473(7346):174-180.
[17] Israels AB.Redundancy analysis for qualitative variables[J].psychometrika,1984,49(3):331-346.