

3种类型含乳饮料滋味品质的评价

杨雷, 蔡宏宇, 王念, 刘梦婷, 吕尧, 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, 对市售3种类型含乳饮料的滋味品质进行了评价分析。通过主成分分析、多元方差分析和聚类分析发现虽然3种类型含乳饮料样品其滋味品质整体结构存在显著差异 ($P < 0.05$), 而 *S. thermophiles* 和 *L. bulgaricus* 发酵制备的含乳饮料整体滋味品质与配制型更为相似, 且与益生菌发酵制备的有较大区别。通过冗余分析发现3种类型含乳饮料样品滋味品质整体结构存在差异是由于酸味、鲜味和丰度(鲜的回味)等3个指标导致的。通过 Kruskal-Wallis 分析发现, 益生菌发酵型含乳饮料的酸味较高 ($P < 0.05$), 而由 *S. thermophiles* 和 *L. bulgaricus* 发酵制备的含乳饮料鲜味和丰度(鲜的回味)较高 ($P < 0.05$)。

关键词: 含乳饮料; 电子舌; 多变量统计学; 品质评价

Taste Profile Characterization Evaluation of Three Kinds of Milk Beverage

YANG Lei, CAI Hong-yu, WANG Nian, LIU Meng-ting, LÜ Yao, GUO Zhuang*

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

Abstract: In this paper, the taste profile characterizations of 3 kinds of milk beverage samples were studied by electronic tongue and multivariate statistics. Although principal component analysis (PCA), multivariate analysis of variance (MANOVA), and cluster analysis (CA) showed that there were significant difference in taste profile characterization of 3 kinds of milk beverage ($P < 0.05$), formula milk beverage and the milk beverage fermented by *S. thermophiles* and *L. bulgaricus* had quite a lot in common. It was worth to mention that the taste profile characterization of the milk beverage fermented by probiotic strains were significant difference with 2 other groups. Meanwhile, sourness, umami, and richness were identified by redundancy analysis (RDA) as key variables significantly associated with the taste profile difference. We also found that sourness were significantly more abundant in the milk beverages fermented by probiotic strains ($P < 0.05$), whereas umami and richness with higher content in the milk beverages fermented by *S. thermophiles* and *L. bulgaricus* ($P < 0.05$).

Key words: milk beverages; electronic tongue; multivariate statistics; quality evaluation

含乳饮料是指以乳或乳制品为原料, 加入水及适量辅料经配制或发酵而成的饮料制品, 分为配制型、发酵型及乳酸菌饮料等3类^[1]。通过添加酸味剂、果汁、茶、咖啡或者植物提取液, 含乳饮料满足了消费者对食品营养互补、风味及口感相互协调的需求, 因而深

受消费者的喜爱。近年来, 研究人员在含乳饮料生产工艺条件优化^[2-3]和新产品开发^[4-6]等方面开展了大量卓有成效的研究, 通过探讨原辅料及加工工艺等对其感官品质特性的影响, 实现了含乳饮料产品的多元化发展。在上述研究中, 研究人员多从外观(色泽等)、气味(香味、异味等)、滋味(酸甜等)、组织(食品物性、质地等)等方面对含乳饮料产品的感官品质进行评价。

除采用感官鉴评的方法外, 研究人员亦可以采用智能味觉分析系统对含乳饮料产品的滋味品质进行评价。智能味觉分析系统, 即电子舌, 通过采用人工脂膜传感器技术可以客观的对食品的苦、涩、酸、咸和鲜味等5种基本味及苦、涩和鲜等3种基本味的回味进

基金项目: 湖北文理学院科研启动经费资助项目(2016); 湖北文理学院食品新型工业化学学科群建设项目(2016); 湖北文理学院大学生创新创业训练项目(201610519025)

作者简介: 杨雷(1997—), 女(汉), 在读本科生, 研究方向: 食品生物技术。

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

行数字化评价^[7],目前已在不同类型乳制品的滋味品质评价中得到了广泛的应用^[8-13],但在含乳饮料中应用的报道尚少。

GB/T 21732-2008《含乳饮料》中规定发酵型含乳饮料和乳酸菌饮料的蛋白质含量应分别不低于1%和0.7%,因采集的含乳饮料样品其蛋白质含量均不低于1%,故本研究将从襄阳市采集的63个含乳饮料样品划分为配制型和发酵型含乳饮料等2大类,同时研究人员又将后者划分为 *S. thermophiles* 和 *L. bulgaricus* 发酵型及益生菌发酵型两小类。通过使用电子舌技术和多元统计学手段相结合的方法,本研究拟对上述3种类型含乳饮料滋味品质的差异性进行探讨,并对其总糖和还原糖的含量进行测定。

1 材料与方法

1.1 材料

含乳饮料:市售。

1.2 试剂

内部溶液、参比溶液、味觉标准溶液、阴离子和阳离子溶液:均由日本 Insent 公司提供;

次甲基蓝、无水乙醇、五水硫酸铜、酒石酸钾钠、氢氧化钠、亚铁氰化钾、葡萄糖、盐酸:由西陇化工股份有限公司提供,均为分析纯。

1.3 主要仪器

SA 402B 电子舌:日本 Insent 公司(配有酸味、苦味、涩味、鲜味和咸味等5个测试传感器和2个参比传感器);SHZ-D 水循环多用真空泵:巩义市予华仪器有限责任公司;3K15 高速冷冻离心机:德国 Sigma 实验室离心机股份有限公司。

1.4 方法

1.4.1 样品的采集及分类

本研究分别从襄阳市沃尔玛购物广场、武商购物中心和天天福超市购买含乳饮料产品63个。按照国标 GB/T 21732-2008《含乳饮料》中的产品分类方法,将3个产品分为配制型和发酵型两大类。其中含乳饮料若由 *Streptococcus thermophiles* 和 *Lactobacillus bulgaricus* 发酵制得则研究人员将其定义为发酵型(S+L)组;若含乳饮料由 *S. thermophiles* 和 *L. bulgaricus* 以外其他种属的乳酸菌或双歧杆菌发酵制得,或与 *S. thermophiles* 和 *L. bulgaricus* 复配发酵制得,则研究人员将其定义为发酵型(益生菌)组。

按照上述标准,63个产品中共有29个隶属于配制型含乳饮料组,23个隶属于发酵型(S+L)组,其余11个隶属于发酵型(益生菌)组。

1.4.2 含乳饮料样品的预处理

称取100 g含乳饮料样品,与4℃下12 000 r/min 离心10 min 去除蛋白质后,使用快速滤纸对上清液进行过滤,滤液备用。

1.4.3 电子舌对含乳饮料样品进行测定

将含乳饮料滤液均匀的倒在两个样品杯中,在进行自检和诊断后,电子舌系统按照下述步骤进行样品测定^[14]:将传感器在阴离子或阳离子溶液中浸泡90 s 后在参比溶液1和2中分别洗涤120 s,以便去除传感器上吸附的物质并对其进行洗涤;在参比溶液3中浸泡30 s 读取参比溶液电势 V_r ;继而将传感器在待测样品中浸泡30 s,读取含乳样品溶液电势 V_s ,通过不同传感器 V_s-V_r 的电势差值对酸味、苦味、涩味、鲜味和咸味等5个基本味的相对强度进行测定;然后将传感器在参比溶液4和5中分别洗涤3 s;最后将传感器于参比溶液6中浸没30 s,读取参比溶液电势值 V_r' ,通过 $V_r'-V_r$ 的电势差对3个回味指标进行评价。每个样品重复测定4次,取后3次测量的数据纳入分析。

1.4.4 含乳饮料总糖和还原糖含量的测定

采用直接滴定法对含乳饮料中总糖和还原糖的含量进行测定^[15]。

1.4.5 统计分析

以含乳饮料样品滋味指标的测量数据为研究对象,在构建63行、8列矩阵的基础上进行多元统计学分析。使用方差分析(analysis of variance, ANOVA)对各滋味指标的差异性进行分析;使用主成分分析(principal component analysis, PCA)、聚类分析(cluster analysis, CA)和多元方差分析(multivariate analysis of variance, MANOVA)对含乳饮料滋味品质整体结构的差异进行分析;使用 Kruskal-Wallis 分析和冗余分析(redundancy analysis, RDA)对与含乳饮料味品质整体结构差异显著相关的指标进行分析。

除冗余分析采用 Canoco 4.5 软件(Microcomputer Power, NY, USA)外,其他分析均采用 Matlab 2010b 软件(The MathWorks, MA, USA),使用 Origin 8.5 (Origin-Lab, MA, USA) 作图。

2 结果与分析

2.1 3种类型含乳饮料各滋味指标的差异性分析

含乳饮料各滋味指标的差异性分析见表1。

由表1可知,纳入本研究的63个含乳饮料样品在5个基本味和3个回味指标上差异均非常显著($P < 0.01$)。由总变异值的大小可知,其在酸味上的差异性最大,其次为涩味、咸味、丰度和鲜味,而后味A(涩的

表 1 含乳饮料各滋味指标的差异性分析 (n=63)
Table 1 Significance analysis of each taste index of milk beverage samples (n=63)

处理结果	酸味	苦味	涩味	鲜味	咸味	后味 A	后味 B	丰度
F 值	4 290.19	358.89	3 875.68	4 787.54	1 903.13	631.74	72.37	60.26
总变异	3 422.79	198.62	2 392.56	730.02	2 024.83	347.15	149.88	1 656.49
极差	16.53	4.33	11.16	7.14	12.59	4.08	3.42	11.85

注: $F_{0.05(62,126)}=1.48$; $F_{0.01(62,126)}=1.73$ 。

回味)、苦味和后味 B(苦的回味)上的差异性较小。在储藏、运输以及销售过程中发酵型含乳饮料中的活性乳酸菌或双歧杆菌会继续繁殖,使产品的酸度不断升高,甚至出现消费者不可接受的重酸味^[6],而配制型含乳饮料不会出现后酸化现象,因此这可能是市售含乳饮料在酸味上差异性最大的原因。由表 1 亦可知,纳入本研究的 63 个含乳饮料在上述 8 个指标的极差值均大于 1,即部分含乳饮料在某个指标上的差异即使通过感官鉴评也可以区分出来。

2.2 3 种类型含乳饮料滋味品质整体结构的差异性分析

因为电子舌获得的滋味数据矩阵通常具有变量较多的特点,所以为了从这些数据中有效挖掘出足够的信息,本研究采用 PCA、MANOVA、CA 和 RDA 等多元统计分析方法对 3 种类型含乳饮料滋味品质整体结构的差异性进行分析,并对其整体结构差异显著的指标进行鉴定。图 1 为 3 种类型含乳饮料滋味品质的 PC1 与 PC2 因子载荷图。

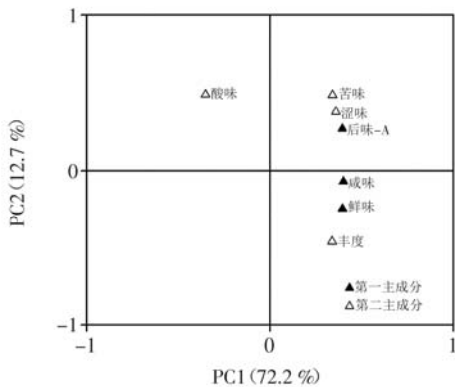


图 1 3 种类型含乳饮料滋味品质的 PC1 与 PC2 因子载荷图

Fig.1 Graphical representation of the principal component analysis of the taste profile characterization of three kinds of milk beverage showing PC1 vs.PC2: factor loading

经主成分分析发现,3 种类型含乳饮料样品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 95.3%。其中第一和第二主成分的贡献率分别为 72.2%和 12.7%。由图 1 可知,第一主成分由鲜味、咸味和后味 A 等 3 个滋味指标构成;第二主成分由苦

味、涩味、丰度和酸味等 4 个指标构成。

图 2 为 3 种类型含乳饮料滋味品质的 PC1 与 PC2 因子得分图。

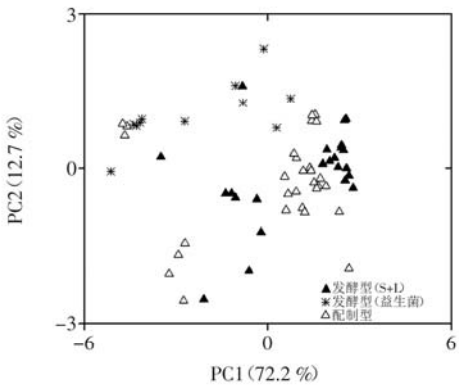


图 2 3 种类型含乳饮料滋味品质的 PC1 与 PC2 因子得分图

Fig.2 Graphical representation of the principal component analysis of the taste profile characterization of three kinds of milk beverage showing PC1 vs.PC2: factor scores

由图 2 可知,发酵型(益生菌)组样品的排布呈现明显聚类趋势,且与其他两组有分离的趋势,而多数发酵型(S+L)和配制型含乳饮料料组的样品存在交叠现象。因此,我们可以定性的认为由 *S. thermophiles* 和 *L. bulgaricus* 发酵制备的含乳饮料整体滋味品质与配制型更为相似,而与益生菌发酵的有较大区别。

基于马氏距离聚类的 3 种类型含乳饮料滋味品质的评价见图 3。

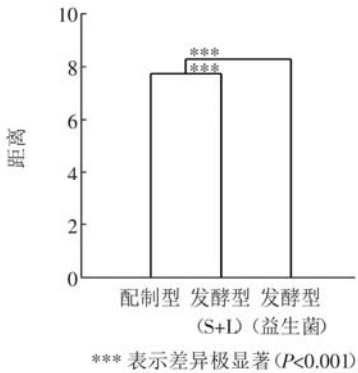
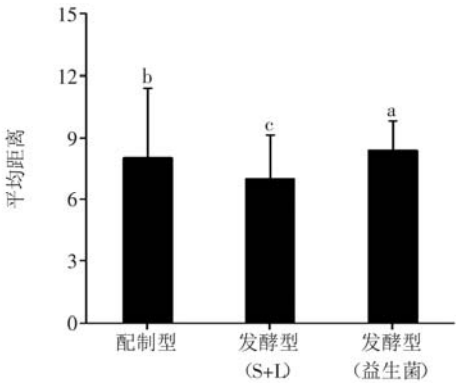


图 3 基于马氏距离聚类的 3 种类型含乳饮料滋味品质的评价

Fig.3 Taste profile characterizations of three kinds of milk beverage based on the mahalanobis distance analysis

通过考虑各种数据之间的关联,马氏距离可以用来计算两个未知样本集的相似度^[17]。由图3可知,3种类型的含乳饮料中配制型与由*S. thermophiles*和*L. bulgaricus*发酵制备的整体滋味品质更为相似,这一点也验证了主成分分析的结果。本研究进一步使用MANOVA对3种类型含乳饮料整体滋味品质的差异性进行了分析,结果发现配制型与由*S. thermophiles*和*L. bulgaricus*发酵制备的含乳饮料整体滋味品质差异极显著($P<0.001$),同时益生菌发酵制备的含乳饮料与上述两组差异亦极显著($P<0.001$)。这一结果说明,根据含乳饮料类型划分的分组确实是造成图2因子得分图中各样本空间排布呈现明显区分的原因。

基于欧氏距离的3种类型含乳饮料滋味品质组间差异分析见图4。



S+L代表*S. thermophiles*和*L. bulgaricus*发酵制得的发酵乳。
图4 基于欧氏距离的3种类型含乳饮料滋味品质组间差异分析
Fig.4 Differences in the taste profile characterization among three kinds of milk beverage calculated by euclidean distances

作为一个常用的距离定义,通过计算某2个样品在m维空间中的真实聚类,欧式距离可以用来反应两个样品间的亲疏程度^[18]。本研究采用欧式距离分别计算了3种类型含乳饮料样品组内滋味品质整体结构的平均距离,由图4可知,益生菌发酵型含乳饮料的组间差异显著大于其他两组($P<0.001$)。本研究采集的11个益生菌发酵型含乳饮料样品由益生菌菌株单独或与*S. thermophiles*和*L. bulgaricus*复配发酵制得,发酵菌株的不同可能是导致其组间差异较大的原因;同时益生菌菌株的代谢具有较高的种属特异性和菌株特异性^[19],也可能是导致这种现象发生的主要原因之一。

2.3 与3种类型含乳饮料滋味品质整体结构差异显著相关指标的鉴定

由图2亦可可知,发酵型(益生菌)含乳饮料组样品的排布较之其它两组明显偏上方,结合图1我们可以定性的认为,由益生菌发酵制备的含乳饮料其酸味、苦味和涩味较之其它2种类型的含乳饮料高,而丰度

呈现出相反的趋势。3种类型含乳饮料各滋味指标差异性分析见表2。

表2 3种类型含乳饮料各滋味指标差异性分析(n=63)
Table 2 Significance analysis of each index among three kinds of milk beverage (n=63)

	配制型	发酵型(S+L)	发酵型(益生菌)
酸味	-7.97, (-13.6~2.83) ^b	-8.13, (-9.74~0.19) ^b	1.21, (-6.28~2.93) ^a
苦味	-0.27, (-3.25~0.56) ^b	-0.49, (-2.69~0.77) ^b	0.33, (-2.24~1.08) ^a
涩味	-0.77, (-9.4~0.26) ^a	-6.57, (-8.65~1.76) ^a	-0.74, (-8.92~0.27) ^a
鲜味	0.34, (-0.41~2.07) ^a	1.22, (0~3.01) ^a	0.29, (-0.4~0.67) ^b
咸味	0.44, (-2.45~1.04) ^a	0.74, (-2.44~1.44) ^a	-1.68, (-2.64~0.44) ^b
后味A	1.71, (-3.73~3.41) ^a	1.97, (-1.67~3.23) ^a	-1.59, (-3.26~1.8) ^b
后味B	3.04, (-1.81~9.92) ^b	5.24, (-1.42~7.24) ^a	-1.46, (-1.93~0.57) ^c
丰度	2.52, (-7~5.39) ^b	2.71, (-3.19~5.59) ^a	-2.44, (-5.25~4.21) ^c

注:表中数据以中位数,(最小值~最大值)表示;具有相同字母的同行数据之间差异不显著($P>0.05$)。

由表2可知,经Kruskal-Wallis检验发现,益生菌发酵型含乳饮料其苦味和酸味显著高于其他2组($P<0.05$),而涩味差异不显著($P>0.05$)。由表2亦可可知,3种类型的含乳饮料其鲜味、咸味、后味A(涩的回味)、后味B(苦的回味)和丰度(鲜的回味)差异亦显著($P<0.05$),然而究竟是因为哪些指标的不同导致了3个类型含乳饮料滋味品质整体结构具有显著差异是需要进一步研究的问题。

RDA双序图见图5。

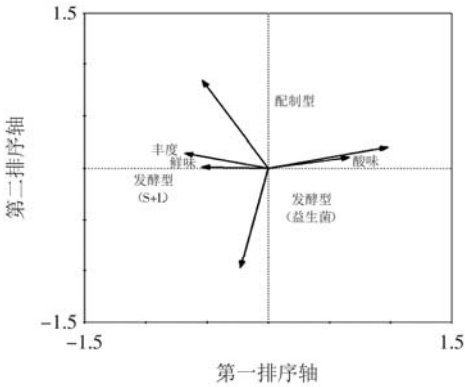


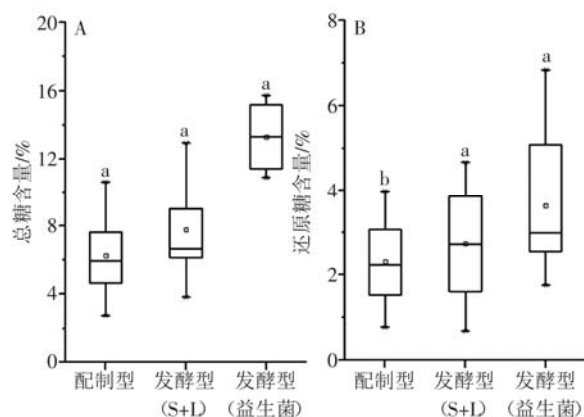
图5 RDA双序图
Fig.5 Biplot of the RDA

通过解释变量的线性组合,RDA可以尽最大可能解释响应变量的变异性^[20]。为了预测和解释全部8个含乳饮料滋味指标数据组成的响应变量,以含乳饮料的类型分组作为起约束作用的解释变量,本研究进一步使用RDA进行分析。由图5可知,酸味、鲜味和丰度(鲜的回味)等3个指标与RDA排序图约束轴上的样本赋值良好相关,即上述指标代表了3种类型含乳饮料滋味品质总体结构差异显著相关的关键滋味。由图5

亦可知,酸味指标位于益生菌发酵型含乳饮料一侧,而鲜味和丰度(鲜味回味)指标位于 *S. thermophiles* 和 *L. bulgaricus* 发酵制备的含乳饮料一侧,这说明前者酸味较高,而后者鲜味和丰度(鲜的回味)较高,这与 Kruskal-Wallis 检验结果一致。

2.4 3种类型含乳饮料总糖和还原糖含量的测定

3种类型含乳饮料总糖(A)和还原糖(B)含量的比较分析见图6。



A: 总糖含量分析; B: 还原糖含量分析; 具有相同字母的数据之间差异不显著 ($P > 0.05$)。

图6 3种类型含乳饮料总糖和还原糖含量的比较分析

Fig.6 Significance analysis of total sugar (A) and reducing sugar (B) among three kinds of milk beverage

由图6A可知,纳入本研究的配制型、*S. thermophiles* 和 *L. bulgaricus* 复配发酵型及益生菌发酵型含乳饮料总糖含量的中位值分别为5.9%、6.7%和13.3%,经 Kruskal-Wallis 检验其差异不显著 ($P > 0.05$)。由图6B可知,纳入本研究配制型含乳饮料的还原糖含量中位值为2.2%,其显著低于 *S. thermophiles* 和 *L. bulgaricus* 复配发酵型(2.7%)及益生菌发酵型含乳饮料(3.0%),且差异显著 ($P < 0.05$)。

3 结论

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,对市售3种类型含乳饮料滋味品质进行了评价分析。研究发现虽然3种类型含乳饮料整体滋味品质差异极显著,而由 *S. thermophiles* 和 *L. bulgaricus* 发酵制备的含乳饮料整体滋味品质与配制型更为相似,且与益生菌发酵制备的有较大区别。进一步研究发现,酸味、鲜味和丰度(鲜的回味)是3种类型含乳饮料滋味品质总体结构差异显著相关的关键滋味,其中益生菌发酵型含乳饮料的酸味较高,而由 *S. thermophiles* 和 *L. bulgaricus* 发酵制备的含乳饮料鲜味和丰度(鲜的回味)较高。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T 21732-2008 含乳饮料[S]. 北京:中国标准出版社,2008
- [2] 敬思群,赵文杰. 动态高压微射流处理对巴旦木-红枣粗多糖乳饮料稳定性的影响[J]. 食品科技,2014,39(2):88-92
- [3] 陈锡钧,张婧,孟岳成. 响应面法优化灭菌型发酵乳饮料的稳定剂配方[J]. 食品科技,2012,37(4):94-98
- [4] 范方宇,杨勇钢,何果,等. 五谷复合乳饮料的制备[J]. 食品科技,2013,38(12):114-116
- [5] 屈小媛,田维荣,胡萍,等. 黑树莓乳饮料的研制[J]. 食品科学,2012,33(16):324-328
- [6] 慕鸿雁,于春娣,杜德红. 大豆乳清蛋白乳饮料的研制[J]. 食品研究与开发,2012,33(4):114-116
- [7] ESCUDER-GILBERT L, PERIS M. Review: Highlights in recent applications of electronic tongues in food analysis[J]. Analytica Chimica Acta, 2010, 665(1): 15-25
- [8] WINQUIST F, KRANTZ-RÜLCKER C, WIDE P, et al. Monitoring of freshness of milk by an electronic tongue on the basis of voltammetry[J]. Measurement Science and Technology, 1998, 9(12): 1937-1946
- [9] DIAS L A, PERES A M, VELOSO A C A, et al. An electronic tongue taste evaluation: Identification of goat milk adulteration with bovine milk[J]. Sensors and Actuators B: Chemical, 2009, 136(1): 209-217
- [10] 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
- [11] 范佳利,韩剑众,田师一,等. 电子鼻和电子舌在乳制品品质及货架期监控中的应用研究[J]. 食品工业科技, 2009, 30(11): 343-346
- [12] 谈国凤,田师一,沈宗根,等. 电子舌检测奶粉中抗生素残留[J]. 农业工程学报, 2011, 27(4): 361-365
- [13] 范佳利,韩剑众,田师一,等. 基于电子舌的乳制品品质特性及新鲜度评价[J]. 食品与发酵工业, 2009, 35(6): 177-181
- [14] 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
- [15] 谢笔钧,何慧. 食品分析[M]. 北京:科学出版社, 2009: 149-155
- [16] RIBEIRO M C E, CHAVES K S, GEBARA C, et al. Effect of microencapsulation of *Lactobacillus acidophilus* LA-5 on physicochemical, sensory and microbiological characteristics of stirred probiotic yogurt[J]. Food Research International, 2014, 66(1): 424-431
- [17] 魏书提,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
- [18] 石凤学,王浩雅,张涛,等. 欧式距离系数在多点生产卷烟产品的均质化评价中的应用[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(20): 12569-12572
- [19] COUSIN F J, MATER D D G, FOLIGNE B, et al. Dairy propionibacteria as human probiotics: a review of recent evidence[J]. Dairy Science and Technology, 2011, 91(1): 1-26
- [20] ISRAELS A B. Redundancy analysis for qualitative variables[J]. Psychometrika, 1984, 49(3): 331-346

收稿日期: 2015-12-06