

# 食用菌鲜味味觉定性定量方法的电子舌研究

邴芳玲<sup>1</sup>, 冯涛<sup>1</sup>, 杨焱<sup>2</sup>, 庄海宁<sup>2</sup>, 李晓贝<sup>1,2</sup>, 谢克林<sup>1</sup>, 高林林<sup>1</sup>

(1. 上海应用技术学院, 香料香精技术与工程学院, 上海 201418)(2. 国家食用菌工程技术研究中心, 农业部南方食用菌资源利用重点实验室, 上海市农业科学院食用菌研究所, 上海 201403)

**摘要:** 为了实现食用菌鲜味味觉指标的快速定性和量化分析, 比较区分不同的食用菌, 本研究选用 5 种不同的食用菌, 利用法国 Alpha M.O.S 公司生产的电位型味觉分析系统, 从鲜味味觉指标对样品进行评价, 并结合感官评价以食用菌中主要鲜味物质对食用菌的鲜味强度进行评价, 验证仪器测试和感官评价的一致性。结果表明, 电子舌能够很好的对不同种类的食用菌进行识别区分, 区分指数为 99; 此外, 对电子舌鲜味强度的响应值和感官鲜味评分值建立了偏最小二乘回归分析, 表明电子舌鲜味响应值和感官鲜味评分值具有很好的相关性(相关系数为 0.94), 证明电子舌在一定程度上能够预测食用菌感官评分值。电子舌作为一种新型的现代检测技术在食用菌鲜味品质定性定量检测与分析方面具有巨大的应用潜力。

**关键词:** 食用菌; 电子舌; 感官评价; 鲜味; 多元统计分析

文章编号: 1673-9078(2016)8-317-321

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2016.8.048

## Quantification of the Umami Taste of Edible Fungi Using Electronic Tongue

BING Fang-ling<sup>1</sup>, FENG Tao<sup>1</sup>, YANG Yan<sup>2</sup>, ZHUANG Hai-ning<sup>2</sup>, LI Xiao-bei<sup>1,2</sup>, XIE Ke-lin<sup>1</sup>, GAO Lin-lin<sup>1</sup>

(1. Shanghai Institute of Technology, School of Perfume and Aroma Technology, Shanghai 201418, China) (2. National Engineering Research Center of Edible Fungi, Key Laboratory of Edible Fungi Resources and Utilization (South), Ministry of Agriculture, Institute of Edible Fungi, Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai 201403, China)

**Abstract:** An electronic tongue of the company Alpha M.O.S was used to rapidly quantify the umami taste of five species of edible fungi with the aim to differentiate the fungi on the basis of the quantitative data. In addition, umami taste data were obtained through classical sensory evaluation, and the consistency between both methods was compared. The results showed that the electronic tongue could successfully distinguish the five fungal species; the discrimination index was 99. In addition, the signals of the electronic tongue and sensory evaluation were used to generate partial least squares models to estimate the umami intensity of the different fungi. A well-fitting model was obtained (the correlation coefficient was 0.94). To a large extent, the electronic tongue could predict the sensory evaluation. The result of this study indicates that the electronic tongue, as a modern detection technology, has promising potentials for qualitative as well as quantitative analyses of the umami taste of edible fungi.

**Key words:** edible fungi; electronic tongue; sensory evaluation; umami; multivariate statistical analysis

食用菌, 俗称蘑菇或蕈, 是一类具有高等子实体的大型真菌。我国是世界食用菌生产第一大国, 食用菌已成为继粮、棉、油、果、菜之后的第六大农产品<sup>[1]</sup>。食用菌不仅具有较高的营养价值, 还具有较好保健价值, 在国际上被认为是理想的蛋白质和营养组合来源, 是公认的“健康食品”, 深受消费者的青睐<sup>[2]</sup>。食用菌的鲜美味道主要源于其含有许多鲜味活性物质, 碳水化合物、鲜味游离氨基酸和核苷酸(肌苷

酸、鸟苷酸、胞苷酸、尿苷酸和黄苷酸), 还与有机酸、不饱和脂肪酸如花生四烯酸以及无机离子和维生素等有着密切联系<sup>[3]</sup>。

随着食用菌生产以及加工技术的不断进步, 食用菌的应用范围已越来越广泛。传统的食用菌鲜味味觉的量化主要有实验测定和感官分析, 运用经验公式计算等鲜浓度。利用氨基酸自动分析仪、高效液相色谱等对食用菌中主要的非挥发性呈味成分分离氨基酸和呈味核苷酸进行测定, 对其鲜味进行量化评价存在步骤繁琐、检测时间长等缺点<sup>[3]</sup>; 人工感官评定这种方法简单, 不可替代, 但易受外界因素和主观因素的影响, 从而影响评价结果。因此, 更准确、快速的食用

收稿日期: 2015-08-02

基金项目: 上海市科技兴农重点攻关项目[沪农科攻字(2013)第6-10号]

作者简介: 邴芳玲(1990-), 女, 研究生, 研究方向: 食品风味化学

通讯作者: 冯涛(1978-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 食品风味化学

菌鲜味味觉量化的方法显得尤为重要。电子舌作为近十几年新起的现代化分析检测仪器,是不依赖于生物味觉的客观感受系统,利用多传感器阵列感测液体样品的“指纹”信息,通过模式识别处理方法,对样品进行定性或定量分析的一类新型分析检测技术<sup>[4]</sup>,电子舌检测无需样品前处理,对样品不存在破坏,现已广泛应用在食品品质分析检测和饮料、酒类、饮用水等<sup>[5-7]</sup>食品质量安全检测方面,与化学分析方法、感官评价方法相比,具有操作简单、测量快速、重复性好等优点<sup>[8]</sup>。电子舌技术的应用方面较多,主要在食品生产过程监测、食品整体品质差异的区分检验、食品新鲜度评估和货架期预测等方面<sup>[9]</sup>,但将电子舌技术应用于鲜味味觉量化检测和鲜味强度评价较少,目前主要在鲜味剂的评价中有应用<sup>[13]</sup>。

本文使用法国 Alpha M.O.S 公司生产的 Astree 电子舌对营养价值高、越来越备受关注的 5 种不同的食用菌进行识别区分,并结合感官评价对这 5 种食用菌的鲜味味觉特性进行评价和量化,为食用菌的鲜味化评鉴研究奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 主要材料及仪器

#### 1.1.1 实验材料

5 种食用菌(1-牛肝菌、2-灰树花、3-金钱菇、4-姬松茸和5-猴头菇),购自上海百信生物科技有限公司。

蒸馏水,广州屈臣氏食品饮料有限公司。谷氨酸钠,郑州天峰食品科技有限公司。

#### 1.1.2 实验仪器

法国 Alpha M.O.S 公司生产的 ASTREE II 电子舌系统,采用酸、甜、苦、咸、鲜 5 味传感器、2 个复合传感器,和 1 个 Ag/AgCl 参比电极构成传感器阵列进行测试。电子舌主要由传感器阵列、数据采集系统和模式识别 3 个部分组成。每个传感器对样品不同化学信息有不同的电信号响应。

电子分析天平(BS 124S),北京赛多利斯科学仪器有限公司;电磁炉(RT2104),爱尚厨有限公司;高速冷冻离心机(CT15RT),天美(中国)科学仪器有限公司。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 样品的制备

准确称量 0.012、0.034、0.100 g 谷氨酸钠溶于蒸馏水中搅拌溶解,溶解完毕后,转移到 100 mL 的容量瓶中,定容,配置成 0.12、0.34、1.00 g/L 的浓度,待用。

采摘 5 种菌菇成熟的子实体,均于购买当天通过鼓风机干燥 55 °C 下烘干至恒重,将烘干后的食用菌干品在粉碎机中粉碎,过 80 目筛网,得到实验所需的食用菌粉末<sup>[10]</sup>,置于干燥器中备用。将菇粉和蒸馏水按料液比 1:40,于室温 25 °C 下浸泡 1 h,用电磁炉熬制,先大火 200 °C 加热至沸腾,再调小火 100 °C 熬制 20 min,在 11000 r/min 转速下,离心 15 min,取其上清液备用。

#### 1.2.2 电子舌检测

为了有效地评价食用菌中的鲜味物质,采用 ASTREE II 电子舌系统,利用五味传感器阵列对样品进行检测,此传感器阵列包括 SRS、STS、UMS、SWS、BRS、SPS、GPS 7 根传感器,其中 SRS、STS、UMS、SWS、BRS 传感器分别代表酸味、咸味、鲜味、甜味和苦味。这组传感器阵列是专门用来对五种基本味道进行分析检测,来体现样品的整体信息和综合口感。

为了确保检测数据的准确性和稳定性,保证电子舌在测试前各项参数指标达到最佳。在进行检测之前需要对电子舌进行活化、校准和诊断。

首先进行被动活化,将盛有蒸馏水的电子舌专用烧杯放入自动进样盘的 1 号位,用手动控制器将传感器阵列浸入蒸馏水中,浸泡活化 30 min;之后用 Alpha M.O.S 公司自带的 0.01 mol/L 的 HCl (盐酸), NaCl (氯化钠) 和 MSG (谷氨酸钠) 溶液按设定的程序进行主动活化、校准和诊断。活化过程可以水化传感器膜,改善和提升传感器响应的平稳性;校准可以将传感器的偏移测量值校准到目标基准值,使测试样本的结果可以有长期的可比性;诊断可以判断传感器的灵敏度和判别能力,保证检测结果的可靠性,提高传感器的辨别能力<sup>[11]</sup>。

将待测样品溶液盛入电子舌专用烧杯中,采用待测样品和蒸馏水交替的方式进行检测。每个样品的采集时间为 120 s,在蒸馏水中的清洗时间为 10 s。每个样品做 3 个平行,重复检测 6 次,电子舌在检测过程中,传感器响应值会有一定程度上的上下波动。预实验结果表明,测量 2~3 次后,传感器响应强度趋于稳定。因此,每个样品重复采集 6 次,取稳定后的 3 次实验数据。利用电子舌自带的数据处理软件对数据进行采集、分析和模式识别。

#### 1.2.3 感官评价

选用食用菌的鲜味作为评价指标。取 25 mL 样品,至于 50 mL 玻璃杯中。从食用菌风味研究方向的人员中选取,之前做过鲜味相关感官分析的 10 个感官评价员(5 男 5 女,年龄在 20~30 岁之间)对 5 种食用菌的鲜味进行评价和排序。在感官评价之前用不同浓度的谷氨酸钠溶液(0.12、0.34、1.00 g/L),对 10 个评价员进行

为期4个周的鲜味评价的培训。评分采用10点制，0~2，可有可无；2~4，弱；4~6，中等；6~8，强；8~10，非常强。鲜味强度的评分从1分到10分，1分代表鲜味强度低，10分代表鲜味强度高<sup>[12]</sup>。

### 1.2.4 数据处理方法

采用电子舌自带的Astree统计分析软件对食用菌样品采集数据进行主成分分析(C1-C1或C1-C2)，对不同的检测样品进行区分辨识；感官评定及电子舌鲜味响应结果(平均值和标准偏差)由SAS 8.2软件和Origin Pro 9.0软件分析；电子舌鲜味响应结果和感官评定的PLS相关性统计分析由Unscrambler version 9.7软件完成。

## 2 结果与分析

### 2.1 电子舌对不同食用菌的分析结果

为了更好地实现食用菌鲜味味觉指标的快速定性和量化分析，区分不同的食用菌，首先用电子舌对7个浓度梯度的谷氨酸钠进行检测，将检测所得数据进行主成分分析，结果见图1。

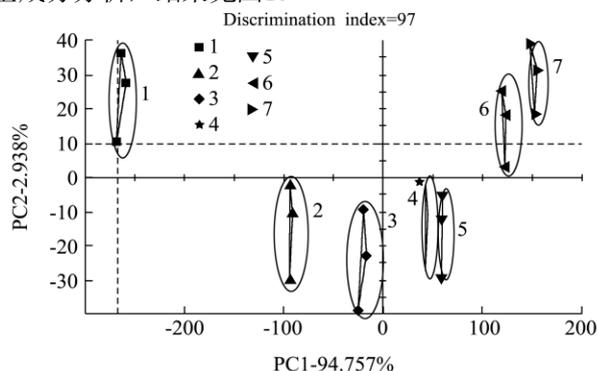


图1 电子舌对不同浓度梯度谷氨酸钠的PCA分析图

Fig.1 PCA score plot of different MSG concentrations

注：1~7分别为0.12、0.17、0.24、0.34、0.49、0.70、1.00 g/L的谷氨酸钠。

由图1中可以看出，7个不同浓度梯度的谷氨酸钠完全分开，区分指数为97，区分度高。主成分得分前2个主成分的贡献率分别为94.76%，2.94%，累积贡献率为97.70%。说明这7个不同浓度的谷氨酸钠溶液的鲜味强度有差别，7个不同浓度的谷氨酸钠溶液在图1中从左到右依次被区分出来，表明电子舌有足够的灵敏性区分不同浓度的鲜味剂。而Yang<sup>[13]</sup>等人也对不同浓度的鲜味剂进行电子舌检测区分，其区分指数为98.17，区分效果较好，但在Yang<sup>[13]</sup>等人的研究中没有进一步应用到具体的食品中，而本研究应用到了食用菌中。不同浓度鲜味剂的检测为下面鲜味含量不同食用菌的区分奠定基础。

采用电子舌对5种不同的食用菌进行检测，对电子舌采集得到的数据进行主成分分析(PCA)，结果见图2。

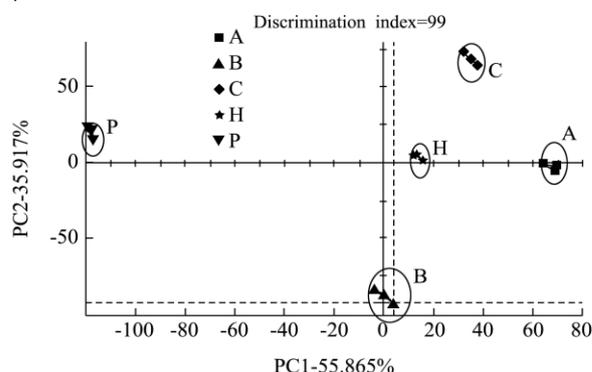


图2 电子舌对5种不同食用菌的PCA分析图

Fig.2 PCA score plot of the five varieties of edible fungi

注：A-姬松茸，B-牛肝菌，C-金钱菇，H-猴头菇，P-灰树花。

由图2可以看出，不同种类食用菌的3次重复数据点可以清晰的聚成一个独立的族群，说明PCA分析得到的各样品数据的重复性很好。PC1和PC2两个主成分的贡献率分别为55.87%和35.92%，累积方差贡献率达到91.79%，说明PC1和PC2包含了较大的样品信息量，能很好的反应样品的整体信息，反应不同食用菌样品的差异。根据PC1区分结果得到，5种不同的食用菌样品在图2中从左到右依次被区分出来，表明电子舌有足够的灵敏性区分不同种类的食用菌，这5种食用菌在整体口感风味上具有差异性。与Gu<sup>[14]</sup>等人在对分析不同食用菌中的呈味成分上的结果相似，不同种类的食用菌呈味物质的种类和含量具有一定的差异性。

为了进一步探究这5种类食用菌的鲜味差异，对电子舌传感器的鲜味响应强度进行分析，结果见图3。

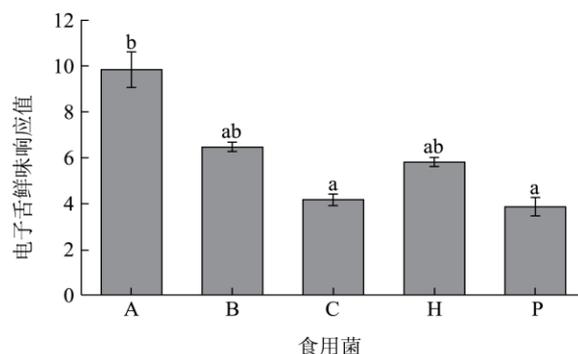


图3 电子舌对5种不同食用菌的鲜味响应分析图，不同字母的数据表示其相互之间具有显著性差异( $p < 0.05$ )

Fig.3 Quantification of the umami taste of the five species of edible fungi using electronic tongue. Different letters on the top of columns indicate significant differences between the samples ( $p < 0.05$ )

注: A-姬松茸, B-牛肝菌, C-金钱菇, H-猴头菇, P-灰树花。

由图3中可以看出, 姬松茸鲜味响应值最高, 而灰树花的鲜味响应值最低, 与 Gu<sup>[4]</sup>等人对不同食用菌中等鲜浓度的研究结果: 姬松茸的等鲜浓度值为 88.27, 最高, 灰树花的等鲜浓度值为 2.65, 最低, 相一致, 但在分析方法上由于采用了电子舌, 具有操作简单、检测快速的优点。牛肝菌和猴头菇在鲜味强度上没有显著性差异, 而姬松茸和金钱菇、灰树花在鲜味强度上具有显著性差异 ( $p < 0.05$ )。

结合图3电子舌鲜味响应强度的结果, 可以看出图2中潜在的表明了PC1具有区分鲜味强度的能力。对PC1-PC1做PCA得分图4。

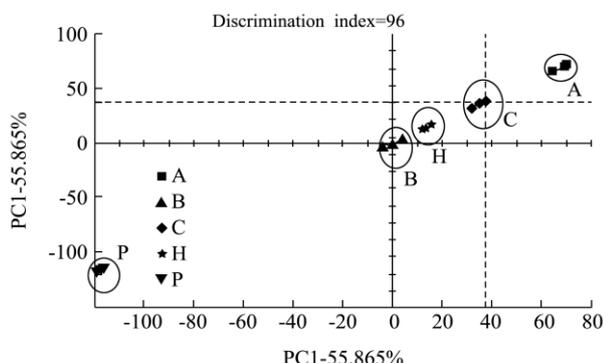


图4 电子舌对5种不同食用菌的PCA(PC1-PC1)分析图

Fig4 PCA score plot of PC1 versus PC1 of the five edible fungi

注: A-姬松茸, B-牛肝菌, C-金钱菇, H-猴头菇, P-灰树花。

从图4中可以看出, 鲜味强度从左下方到右上方依次递减, 与 Yang<sup>[13]</sup>等人的研究结果相似, 电子舌可以对不同鲜味剂的鲜味强度排序, 区分指数为96, 区分效果好。姬松茸鲜味强度最高其它样品距离较远, 灰树花的鲜味强度最低, 与图2、图3的分析结果相一致。表明电子舌可以对食用菌进行鲜味强度的比较和鲜味强度的排序。

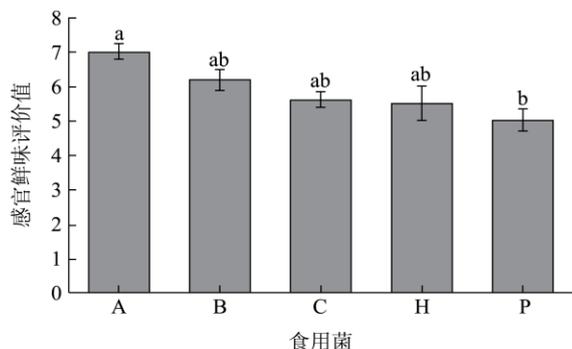


图5 5种食用菌的鲜味感官评价价值

Fig5 Quantification of the umami taste of the five species of edible fungi based on sensory evaluation

注: 不同字母的数据表示其相互之间具有显著性差异 ( $p < 0.05$ ), A-姬松茸, B-牛肝菌, C-金钱菇, H-猴头菇, P-灰树花。

## 2.2 感官评价对不同食用菌的分析结果

为了更好地评价食用菌的鲜味强度, 对5种食用菌的鲜味进行感官评价, 感官评价结果通过方差分析统计, 对鲜味感官属性的平均值即标准偏差做柱状图, 结果见图5。

从图5中, 可以看出姬松茸的鲜味感官评分值最高, 灰树花的鲜味评分值最低, 与图4中电子舌所得的结果相一致。姬松茸和灰树花在鲜味评分上具有显著性差异 ( $p < 0.05$ ), 与图3中金钱菇和姬松茸、灰树花在鲜味强度上具有显著性差异, 这一结果稍有差异, 这可能是由于感官评价受主观性等因素影响的结果。

## 2.3 鲜味感官评价值和电子舌鲜味强度的相关性分析结果

为了进一步说明鲜味感官评价值和电子舌鲜味强度的相关性, 将电子舌鲜味响应值和感官鲜味评分值进行曲线拟合, 结果见图6。

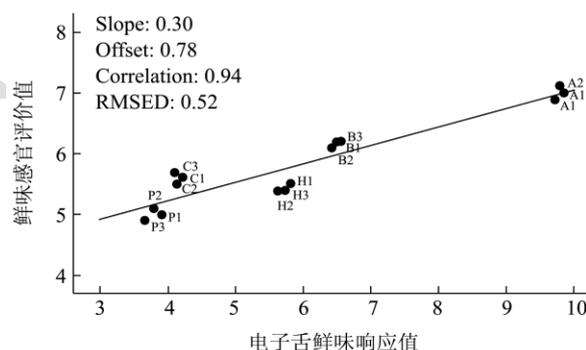


图6 电子舌和感官评价鲜味相关性的PLS分析图

Fig.6 PLS model of umami taste data based on the combinations of the electronic tongue versus sensory evaluation

注: A-姬松茸, B-牛肝菌, C-金钱菇, H-猴头菇, P-灰树花。

从图6中可以看出, 电子舌鲜味响应值和感官鲜味评分值拟合的相关系数为0.94, 拟合效果良好。均方根误差 (RMSED) 较小, 表明电子舌对食用菌鲜味强度的评价在一定程度上与人为鲜味感官评价具有一致性, 能够预测食用菌鲜味感官评分值, 将两者结合能更好地对食用菌鲜味强度进行评价。

## 3 结论

本试验采用电子舌技术、感官评价结合多元统计分析方法对5种不同的食用菌鲜味进行分析研究。电子舌技术结合PCA方法可以识别不同的食用菌风味特征,进而将不同食用菌区分出来,并且进行鲜味强度大小的排序。感官评价结果表明这5种食用菌的鲜味强度具有显著差异,姬松茸的鲜味强度最高,灰树花的鲜味强度最低,与电子舌的鲜味响应结果相一致。应用PLS法研究电子舌鲜味响应值和感官鲜味评分的相关性结果表明电子舌在一定程度上能够预测食用菌感官评分值,而且仪器测试具有较高的灵敏度、精确度、重复性和区分性,可以实现对食用菌鲜味的初步量化,为食用菌的风味化研究奠定基础。

### 参考文献

- [1] Sadler M. Nutritional properties of edible fungi [J]. Nutrition Bulletin, 2003, 28: 305-308
- [2] Zhang Y, Venkitasamy C, Pan Z, et al. Recent developments on umami ingredients of edible mushrooms-A reviewer [J]. Trend in Food Science & Technology, 2013, 33(2): 78-92
- [3] Li W, Gu Z, Yang Y, et al. Non-volatile taste components of several cultivated mushrooms [J]. Food Chemistry, 2014, 143: 427-431
- [4] Escuder-Gilabert L, Peris M. Review: Highlights in recent applications of electronic tongues in food analysis [J]. Analytica Chimica Acta, 2010, 665: 15-25
- [5] Liu M, Wang J, Li D, et al. Electronic tongue coupled with physicochemical analysis for the recognition of orange beverages [J]. Journal of Food Quality, 2012, 35: 429-441
- [6] CetóX, Gutiérrez J M, Gutiérrez M, et al. Determination of total polyphenol index in wines employing a voltammetric electronic tongue [J]. Analytica Chimica Acta, 2012, 732: 172-179
- [7] Sipos L, Kovács Z, Sáji-Kiss V, et al. Discrimination of mineral waters by electronic tongue, sensory evaluation and chemical analysis [J]. Food Chemistry, 2012, 135: 2947-2953
- [8] Tahara Y, Toko K. Electronic Tongues-A Review [J]. Sensors Journal, 2013, 13: 3001-3011
- [9] Escuder-Gilabert L, Peris M. Review: Highlights in recent applications of electronic tongues in food analysis [J]. Analytica Chimica Acta, 2010, 665, 15-25
- [10] García-Segovia P, Andrés-Bello A, Martínez-Monzó J. Rehydration of air-dried shiitake mushroom (*lentinus edodes*) caps: Comparison of conventional and vacuum water immersion processes [J]. LWT-Food Science and Technology, 2011, 44: 480-488
- [11] Ciosek P, Wróblewski W. Sensor arrays for liquid sensing electronic tongue systems [J]. Analyst, 2007, 132: 963-978
- [12] QIN Zi-han, PANG Xue-li, CHEN Dong, et al. Evaluation of Chinese tea by the electronic nose and gas chromatography-mass spectrometry: Correlation with sensory properties and classification according to grade level [J]. Food Research International, 2013, 53(2): 864-874
- [13] Yang Y, Chen Q, Shen C, et al. Evaluation of monosodium glutamate, disodium inosinate and guanylate umami taste by an electronic tongue [J]. Journal of Food Engineering, 2013, 116: 627-632
- [14] 谷镇,杨炎.食用菌呈香呈味物质研究进展[J].食品工业科技,2013, 34(5):363-367
- GU Zhen, YANG Yan. Research progress in flavor components of edible fungus [J]. Food Industry and Technology, 2013, 34(5): 363-367