

文章编号: 1000-8551(2015)12-2349-06

电子鼻、电子舌鉴别不同蒸煮条件的毛霉型豆豉品质的研究

陶湘林^{1,2} 蒋立文^{3,4} 苏 悟^{2,3} 郑小芬^{2,3}

(¹ 湖南农业大学食品科技学院, 湖南 长沙 410128; ² 湖南省农业科学院作物淀粉化学与代谢组学创新团队, 湖南 长沙 410128;

³ 食品科学与生物技术湖南省重点实验室, 湖南 长沙 410128; ⁴ 湖南省发酵食品工程技术研究中心, 湖南 长沙 410128)

摘 要: 为提高毛霉型豆豉品质评审的客观性、可靠性、重复性, 减少人为评定差异, 利用电子鼻和电子舌对不同蒸煮条件的毛霉型豆豉进行分析检测, 采用主成分分析法评价其差异性, 并利用感官评价进行验证。结果表明: 电子鼻对湿蒸条件的样品的区分效果不佳, 对干蒸条件的样品区分效果较好; 电子舌对湿蒸和干蒸条件的样品都能很好的区分。121℃/35min 湿蒸处理和 135℃/25min 湿蒸处理的样品相距较近, 其风味具有一定的相似性; 105℃/25min 干蒸的豆豉样品与其他样品相比差异较大, 说明豆豉风味与蒸煮条件有较大关联。感官评价结果表明, 电子鼻和电子舌较感官评价辨识度高, 结果区分更精确客观。本研究可为毛霉型豆豉标准化生产、生产条件的优化提供理论依据。

关键词: 电子鼻; 电子舌; 蒸煮条件; 毛霉型豆豉

DOI: 10.11869/j.issn.100-8551.2015.12.2349

大豆 [*Glycine max* (L.) Merr.] 是中国重要的粮食作物之一^[1], 除了可直接食用外, 还被广泛用于制作豆粉、豆奶等蛋白制品, 豆豉、豆酱、酱油等发酵性豆制品^[2-4]。豆豉是我国四大传统的发酵豆制品之一, 深受人们喜爱^[5], 毛霉型豆豉在其同类产品产量最大且最富有特色。蒸熟的大豆经毛霉制曲后保温, 经厌氧发酵得到具有特殊风味和产品形态的产品即为毛霉型豆豉, 其营养丰富、风味独特, 具有丰富的蛋白质、氨基酸、小分子肽、大豆异黄酮等成分, 可增进食欲^[6]。蒸煮是毛霉型豆豉制作过程中的重要步骤, 蒸煮不到位蛋白质变性不够, 蒸煮过度则蛋白质过度变性, 两者均影响毛霉生长和酶系的形成, 影响蛋白质的转化率和氨基酸生成, 导致产品低劣化^[7-11]。

电子鼻又称气味扫描仪, 它由气敏传感器、信号处理系统和模式识别系统等功能器件组成^[12]。电子鼻采用人工智能技术, 实现了由仪器“嗅觉”对产品进行客观分析^[13]。电子舌是一种使用类似于生物系统的材料作传感器的敏感膜, 当类脂薄膜的一侧与味觉物质接触时, 膜电势发生变化, 从而产生响应, 检测出各

类物质之间的相互关系^[14]。由于惰性金属传感器寿命较长, 法国、瑞士、丹麦、瑞典、德国、美国等科学家均使用其作为电子舌检测的首选^[15-17]。基于电子舌与电子鼻各自的特点与检测中的优越性, 电子鼻与电子舌已广泛应用于食品工业、环境检测、医疗卫生、药品工业、安全保障、公安与军事等领域^[18]。

贾洪锋等^[19]利用电子舌对 6 种不同的豆瓣样品进行了区分; 张森等^[20]利用电子舌对同一品牌、不同档次的食醋以及不同品牌的食醋进行测定; 王敏敏等^[21]利用电子鼻结合声表面波谐振器 (SAWR) 对不同时间储藏的甜橙进行检测。以上研究证明, 电子鼻、电子舌的分析比人的感官评价更具客观性、科学性, 而且其敏感度较高。毛霉型豆豉的研究主要集中在其发酵剂、发酵过程中的物质变化、工艺探索等方面, 而不同蒸煮条件对其品质影响的研究较少, 对其产品品质的控制较为粗放。蒋立文等^[22]通过感官评价分析了不同菌种和工艺、贮存时间等因素对毛霉型豆豉的色泽、香气和滋味等品质的影响, 但其结果重复性较差。为此, 本文采用电子鼻、电子舌对不同蒸煮条件的毛霉

收稿日期: 2014-11-13 接受日期: 2015-05-29

基金项目: 国家自然科学基金(31371828)

作者简介: 陶湘林, 男, 主要从事粮食、油脂及植物蛋白工程研究。E-mail: 601220486@qq.com

通讯作者: 蒋立文, 男, 教授, 主要从事食品微生物技术研究。E-mail: hnndjlw@163.com

型豆豉进行检测分析,通过主成分分析法评价其对不同处理毛霉型豆豉样品的区分效果,以期为毛霉型豆豉标准化生产、生产条件的优化提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

黑龙江产非转基因大豆(粗蛋白 31.32%、粗脂肪 22.66%、水分 11.57%);中温总状毛霉(*Mucor racemosus* CGMCC8700)由湖南农业大学食品科技学院 507 实验室选育保存。

1.2 仪器设备

iNOSE 电子鼻、Smartongue 电子舌(均购于上海瑞粉国际贸易有限公司)。

1.3 试验方法

1.3.1 菌种的培养 马铃薯固体斜面(PDA):121℃灭菌 30min,23℃下培养 3d。

三角瓶扩大培养:优质麦麸与水按 1:1 调匀后,装入 300mL 三角瓶,每瓶装 20g 左右,塞好棉塞,防潮纸包扎,121℃灭菌 30min,摇散冷却,无菌超净工作台上接种,于 23℃的 SPX-250B Ⅲ恒温培养箱(天津泰斯特仪器有限公司)中培养 3d 至菌丝和孢子生长旺盛。

1.3.2 样品制作及处理方法 分别将经过不同蒸煮条件(100℃下水煮 120min;相同温度不同时间:121℃干蒸/湿蒸 15、25、35min;相同时间不同温度:105、135℃干蒸/湿蒸 25min)处理后的 11 种大豆接种毛霉 23℃发酵制曲 3d,加入 7% 的盐及适量的白酒、姜入坛,进入后发酵阶段^[23],发酵 30d 的样品用于电子鼻测定。其中,干蒸即黄豆在蒸煮的过程中不与水接触,湿蒸即黄豆浸泡在水中蒸煮。

准确称取磨碎的 11 种蒸煮条件的毛霉型豆豉 5g,用 20mL 超纯水在 50℃的水浴中摇床提取 1h,然后 4 000r·min⁻¹离心 20min,取上清液作为待测样液,用于电子舌检测。

1.3.3 电子鼻试验条件及步骤 先用空气清洗传感器,清洗时间为 120s,通过真空泵将样品中的气体吸入到电子鼻中,进气速度为 0.8L·min⁻¹,检测时间为 150s。样品平行测定 5 次。

以方差分析的组内均方值和 *P* 值对单一传感器在该测试体系下的响应性能进行初筛和分组,再对分组后的传感器进行排列组合,对各组合后的传感器信号进行主成分分析,最终确定适用于样品的优化传感器阵列^[24-26]。不同湿蒸处理的豆豉样品分析时的最优传感器组合为 S1_S2;干蒸处理的豆豉样品的最优

传感器组合为 S1_S2_S4_S6_S7_S9。

1.3.4 电子舌试验条件及步骤 将 10mL 左右的待测样液利用电子舌直接扫描,每个样品重复扫描 5 次,所得数据用电子舌数据分析系统进行分析。

不同湿蒸处理的豆豉样品分析时的最优传感器组合为 S1_10HZS3_100HZS4_1HZS6_10HZ;不同干蒸处理的豆豉样品的最佳传感器组合为 S1_100HZS4_10HZS5_10HZS6_10HZ。

1.3.5 感官评价的方法 将 11 种不同蒸煮条件的毛霉型豆豉分别编号为 1、2、3、4、5……11,以随机摆放的顺序呈现给评价员进行感官评价,感官评价采用打分法中的九点标定法,选取硬度、色泽、香味、鲜味、咀嚼性 5 项指标,其权重分别为 20%,评价结果取平均值为最终评价结果。

1.4 试验数据处理

所得数据均用 Excel 2007 和 SPSS 7.0 处理。

2 结果与分析

2.1 电子鼻关于不同蒸煮条件的毛霉型豆豉的主成分分析结果

由图 1 可知,第 1 主成分(PC1)、第 2 主成分(PC2)的贡献率分别为 97.6% 和 2.4%,DI = -18.7%,图中样品之间存在重叠现象,说明电子鼻对不同湿蒸处理的毛霉型豆豉样品的整体区分效果不好,可能是由于 105℃/25min 和 121℃/25min 湿蒸处理的毛霉型豆豉的重复性不同好导致 2 个样品之间有重叠;此外,也可能是 2 个处理的样品在其发酵过程中的微生物作用以及酶解程度相差不大,样品挥发性气味之间存在相似性,导致出现重叠现象。其他毛霉型

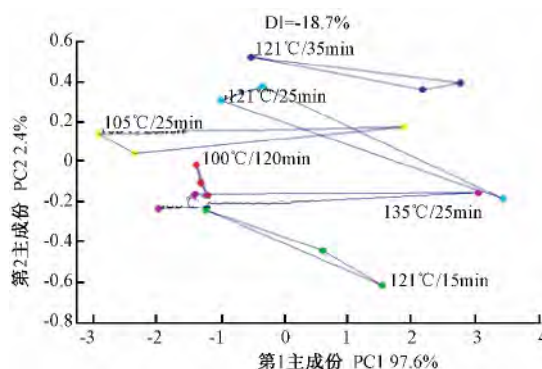


图 1 不同湿蒸处理的毛霉型豆豉的主成分分析图
Fig.1 Principal component analysis chart of *Mucor*-type Douchi with different wet steam conditions

豆豉样品区分效果较好 相互之间无重叠。

由图 2 可知,PC1 和 PC2 的贡献率分别为 87.3% 和 8.8%,总贡献率为 96.1%,大于 85%,说明 PC1 和 PC2 包含样品大量的信息,能够反映样品的整体信息^[27]。不同干蒸处理的样品分布在图中的不同区域内,相互之间无重叠。说明电子鼻能将不同干蒸处理的毛霉型豆豉很好地区分开。这可能是因为各干蒸处理的毛霉型豆豉后发酵过程中微生物及酶的作用程度各不相同,导致产生的挥发性气味差异性比较大,说明在干蒸处理下蒸煮时间及温度对毛霉型豆豉气味的影响差异显著。

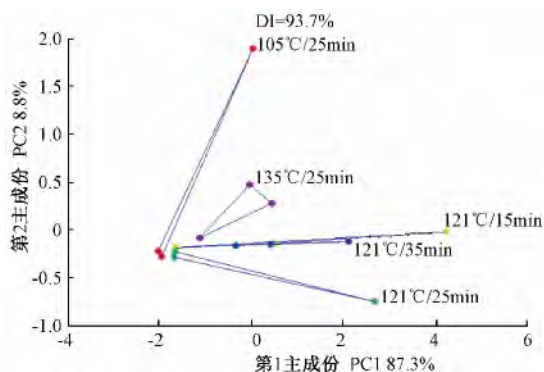


图 2 不同干蒸处理的毛霉型豆豉的主成分分析图

Fig.2 Principal component analysis chart of Mucor-type Douchi with different dry blow conditions

2.3 电子舌对不同蒸煮条件的毛霉型豆豉的分析结果

由图 3 可知,PC1 和 PC2 的贡献率分别为 71.8% 和 12.4%,总贡献率为 84.2%,小于 85%,不能很好的反应样品的整体信息。图 4 表明不同湿蒸处理的毛霉型豆豉分布在图中的不同区域内,相互之间无重叠。此外,121°C/35min 和 135°C/25min 处理的样品相距较近,说明 2 个毛霉型豆豉样品在后发酵过程中微生物作用程度和酶解程度相差不大,在风味上可能具有一定的相似性。由此可见,电子舌能将不同湿蒸条件下的毛霉型豆豉样品很好的区分开,且判别函数分析法的区分效果优于主成分分析法。

由图 5 可知,PC1 和 PC2 的贡献率分别为 61.9% 和 27.9%,总贡献率为 89.8%,大于 85%,能够反应样品的整体信息,并且不同干蒸处理的毛霉型豆豉分布在图中的不同区域内,相互之间无重叠。此外,105°C/25min 干蒸处理的毛霉型豆豉离其他样品较远,这可能是由于 105°C/25min 干蒸处理的样品与其他样品在风味上具有一定的差异性。105°C/25min 干蒸条件

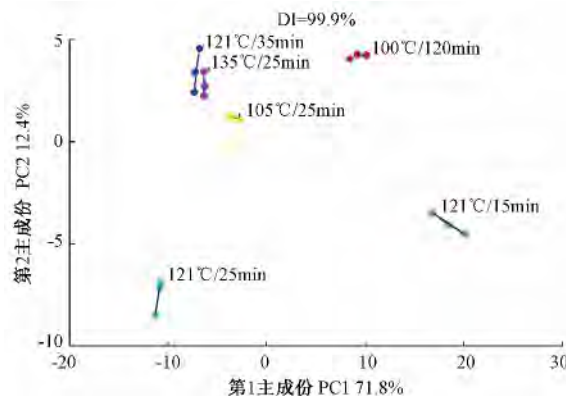


图 3 不同湿蒸处理的毛霉型豆豉样品的主成分分析图

Fig.3 Principal component analysis chart of Douchi with different wet steam conditions

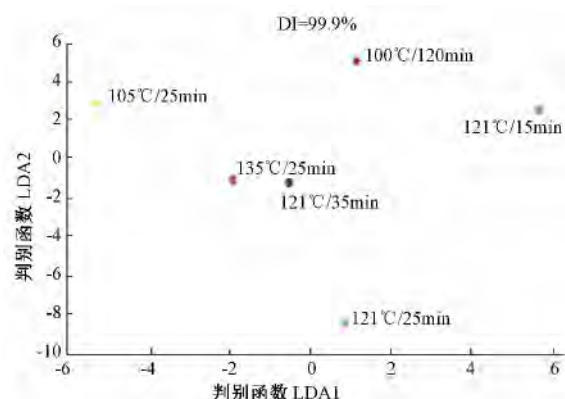


图 4 不同湿蒸处理的毛霉型豆豉的判别函数分析图

Fig.4 The LDA chart of Mucor-type Douchi with different wet steam conditions

下,大豆并未能完全煮熟,微生物及其酶系对蛋白质的利用程度不够,发酵不完全,因此其风味与其他蒸煮条件相比较差。综上所述,电子舌能将不同干蒸处理的毛霉型豆豉很好地区分开。

2.4 感官评价结果分析

采用九点标定法进行感官评价(表 1),结果表明,干蒸和湿蒸差异较大的是色泽,干蒸色泽较深,湿蒸色泽黄亮。香味指标表明,在各湿蒸条件下,100°C/120min、121°C/15min、121°C/25min、121°C/35min 和 135°C/25min 的样品香味差异不显著;105°C 处理 25min 的样品与其余湿蒸处理的样品香味差异显著($P < 0.05$);各干蒸条件下,121°C 处理的样品香味差异不显著,105°C 与 135°C 处理的样品与其他样品香味差异

表 1 感官评价结果
Table 1 The sensory evaluation results

蒸煮条件 Cooking conditions	硬度 Hardness	色泽 Color	香味 Aroma	鲜味 Flavor	咀嚼性 Chewing	总分 Total scores
100℃ 水煮 120min	6.62 ± 0.32c	5.25 ± 0.24f	5.74 ± 0.30bc	6.12 ± 0.17e	6.03 ± 0.27b	5.95 ± 0.16e
121℃ 湿蒸 15min	5.63 ± 0.25e	6.72 ± 0.13e	5.80 ± 0.26bc	6.55 ± 0.27d	5.85 ± 0.28bc	6.11 ± 0.15cde
121℃ 湿蒸 25min	5.01 ± 0.20f	6.94 ± 0.31de	5.91 ± 0.15b	7.13 ± 0.31c	5.35 ± 0.12cd	6.07 ± 0.19de
121℃ 湿蒸 35min	4.30 ± 0.35g	7.23 ± 0.15d	7.30 ± 0.12a	8.20 ± 0.13a	4.88 ± 0.22d	6.38 ± 0.12bc
121℃ 干蒸 15min	6.22 ± 0.14cd	7.05 ± 0.23de	5.12 ± 0.23d	5.97 ± 0.24e	6.41 ± 0.28b	6.15 ± 0.17bede
121℃ 干蒸 25min	5.88 ± 0.21de	7.86 ± 0.21bc	5.25 ± 0.16d	6.33 ± 0.15de	6.17 ± 0.23b	6.30 ± 0.16bcd
121℃ 干蒸 35min	5.60 ± 0.19e	8.11 ± 0.30b	5.43 ± 0.20cd	6.98 ± 0.21c	5.81 ± 0.19bc	6.39 ± 0.11bc
105℃ 湿蒸 25min	7.25 ± 0.22b	4.53 ± 0.11g	4.64 ± 0.21e	3.89 ± 0.22f	6.97 ± 0.30b	5.46 ± 0.15f
135℃ 湿蒸 25min	3.96 ± 0.36h	7.68 ± 0.23c	7.28 ± 0.11a	8.24 ± 0.15a	4.90 ± 0.26d	6.41 ± 0.12b
105℃ 干蒸 25min	8.17 ± 0.22a	4.91 ± 0.29f	3.87 ± 0.28f	3.41 ± 0.26g	7.04 ± 0.25a	5.48 ± 0.15f
135℃ 干蒸 25min	5.84 ± 0.26de	8.50 ± 0.14a	7.21 ± 0.27a	7.82 ± 0.24b	5.26 ± 0.11cd	6.93 ± 0.16a

注: 同一列的不同字母表示水平差异显著 ($P < 0.05$)。
Note: Different letters within each column indicate significance difference at 0.05 level.

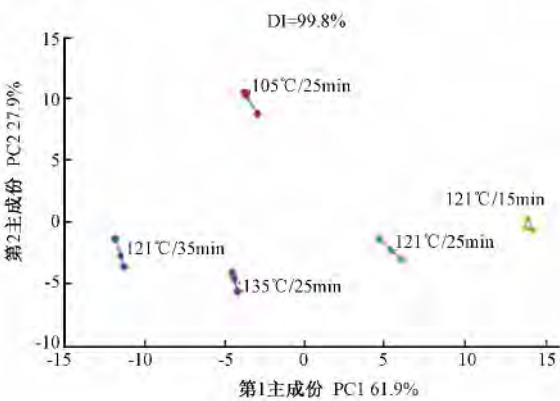


图 5 不同干蒸处理的毛霉型豆豉的主成分分析图
Fig. 5 Principal component analysis chart of Douchi with different dry blow conditions

显著 ($P < 0.05$)。鲜味指标表明在各湿蒸条件下, 121℃/35min 与 135℃/25min 的样品鲜味差异不显著, 其余样品间香味差异显著 ($P < 0.05$)。这与电子舌得到的结果一致; 干蒸条件下 121℃/15min 和 25min 的样品鲜味差异不显著, 其余干蒸样品鲜味差异显著 ($P < 0.05$)。由此可知, 感官评价的结果与电子鼻、电子舌的结果有良好的重复性, 并且电子鼻、电子舌比人为感官评价的辨识度更高, 区分结果更为精确、客观。

3 讨论

近年来, 利用电子鼻、电子舌分析发酵豆制品的研

究不多, 仅有贾洪峰等^[19]用电子舌分析了 6 种不同的豆瓣样品, 张玉玉等^[28]利用电子鼻、电子舌区分了 7 种面酱, 其结论与本文类似, 都表明利用电子鼻、电子舌结果主成分分析法能够客观的区分样品, 但是在豆瓣样品的研究中, 电子鼻测得的结果与感官分析的结果相关性不强。本研究采用电子鼻、电子舌对不同蒸煮条件的毛霉型豆豉进行检测分析, 提高了毛霉型豆豉品质评审的客观性、可靠性、重复性, 减少了人为评定的差异, 并结合了感官评价进行验证, 通过主成分分析法来评价其对不同处理毛霉型豆豉样品的区分效果, 体现了较强的相关性, 这说明加工条件不同对毛霉型豆豉品质影响较大。但这种传统产品的生产过程复杂, 制作周期较长, 影响因素较多。下一步将系统研究可能影响到毛霉生长、代谢产酶及后发酵品质的不同蒸煮条件, 同时将电子鼻和电子舌与气味物质分析等有机结合进行综合评价。

4 结论

本文利用电子鼻和电子舌对不同蒸煮条件的毛霉型豆豉进行分析检测, 利用主成分分析评价其对不同蒸煮条件的区分效果。结果表明, 电子鼻对湿蒸条件的样品的区分效果不佳, 105℃/25min 湿蒸处理的毛霉型豆豉和 121℃/25min 湿蒸处理的毛霉型豆豉的重复性不好导致 2 个样品之间有重叠。电子舌对湿蒸和干蒸条件的样品都能很好的区分, 121℃/35min 湿蒸

毛霉型豆豉和 135℃/25min 湿蒸毛霉型豆豉相距较近,其风味具有一定的相似性,105℃/25min 干蒸的毛霉型豆豉距离其他毛霉型豆豉较远,说明其风味与其它样品有一定的差异性。因此,电子鼻和电子舌能够很好的区分不同蒸煮条件毛霉型豆豉。但毛霉型豆豉在各蒸煮条件下的具体风味及最佳蒸煮条件还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 潘文华,许世卫. 黑龙江省大豆产业困境与差异化发展战略[J]. 农业经济问题, 2014, 12(2): 26-33
- [2] 励建荣. 中国传统豆制品及其工业化对策[J]. 中国粮油学报, 2005, 20(1): 41-44
- [3] 马冠生,崔朝辉,周琴,胡小琪,李艳平,翟凤英,杨晓光. 中国居民豆类及豆制品的消费现状[J]. 中国食物与营养, 2008, 12(1): 40-43
- [4] 李博,李里特,辰巳英三. 中国传统豆制品生产工业化过程中存在的问题[J]. 食品科技, 2003, 28(1): 1-4
- [5] 赵德安. 中国豆豉[J]. 中国酿造, 2003, 127(4): 36-40
- [6] 秦礼康,丁霄霖. 传统陈窖豆豉和霉菌型豆豉挥发性风味化合物研究[J]. 食品科学, 2005, 26(8): 275-280
- [7] 秦礼康,苏伟,丁霄霖. 陈窖豆豉把黄豆原料理化特征及浸泡蒸煮特性的表征关联[J]. 中国粮油学报, 2006, 12(6): 140-145
- [8] 唐雪梅,王宇峰,唐振茂. 大豆的生化特性及其深加工[J]. 粮油食品科技, 2002, 10(1): 42-44
- [9] 童军锋,郑晓冬. 不同蒸煮方式和发酵条件下纳豆的性质比较[J]. 食品工业科技, 2003, 12(2): 36-38
- [10] 李荣和. 大豆水溶性蛋白与加工技术的关系[J]. 大豆通报, 2004, 12(1): 20-21
- [11] 刘海顺,张志航,胡瑞丰,马冰雪,牛佳佳,杨兆明. 大豆水溶性蛋白测定方法探讨[J]. 粮食储藏, 2011, 12(3): 48-49
- [12] 谢安国,王金水,渠琛玲,罗莉,郭蕊,闫李慧. 电子鼻在食品风味分析中的应用研究进展[J]. 农产品加工学刊, 2011, 12(1): 71-73
- [13] 高旭升,王平. 电子鼻信号处理方法的研究进展[J]. 国外医学生物医学工程分册, 2001, 24(1): 1-6
- [14] 胡洁,李蓉,王平. 人工味觉系统—电子舌的研究[J]. 传感技术学报, 2001, 12(2): 169-179
- [15] Olsson J, Borjesson T, Lundstedt T. Detection and quantification of ochratoxin A and deoxynivalenol in barley grains by GC-MS and electronic nose [J]. International Journal of Food Microbiology, 2002, 72(3): 203-214
- [16] Jonsson A, Winquist F, Schnurer J, Sundgren H, Lundstrom I. Electronic nose for microbial quality classification of grains [J]. International Journal of Food Microbiology, 1997, 35(2): 187-193
- [17] Magan N, Evan P. Volatiles as an indicator of fungal activity and differentiation between species, and the potential use of electronic nosetechnology for early detection of grain spoilage [J]. Journal of Stored Products Research, 2000, 36(4): 319-340
- [18] 丁媛,周君,郑平安,李晔,张春丹,苏秀榕. 基于 SPEM-GC-MS 和电子鼻研究温度对毛蚶挥发性物质的影响[J]. 核农学报, 2013, 27(12): 1873-1880
- [19] 贾洪锋,周凌洁,张森,邓红,何江红,彭德川,郑景洲. 电子舌在豆瓣区识别中的应用[J]. 食品工业科技, 2012, 33(4): 177-183
- [20] 张森,贾洪峰,李燮昕,何江红,张振宇. 电子舌对食醋品质鉴定及区分的研究[J]. 中国调味品, 2012, 37(8): 1-4
- [21] 王敏敏,赵梦田,杜佳苏,黄洁,程思怡,尹芳缘,惠国华. 电子鼻结合 SAWR 判定甜橙储存时间方法研究[J]. 核农学报, 2014, 28(4): 647-654
- [22] 蒋立文,周传云,鄢玉香. 传统美食腊八豆工业化生产技术研究[J]. 食品科学, 2003, 12(3): 36-39
- [23] 蒋立文,沈昱,刘素纯. 腊八豆系列熟食生产技术研究[J]. 中国酿造, 2002, 12(6): 31-33
- [24] 赵镭,史波林,汪厚银,李志. 电子鼻传感器筛选的组合优化法研究[J]. 食品科学, 2009, 30(20): 367-370
- [25] 张覃轶. 电子鼻: 传感器阵列、系统及应用研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2005
- [26] 张红梅,王俊. 电子鼻传感器阵列优化及其在小麦储藏年限检测中的应用[J]. 农业工程学报, 2006, 22(12): 164-167
- [27] 李阳,陈芹芹,胡雪芳,姜莎,刘远方,冯高迁,李景明,倪元颖. 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, 12(11): 122-126
- [28] 张玉玉,黄明泉,陈海涛,郑景洲,孙宝国,李全宏. 7 种面酱的电子鼻和电子舌辨别分析[J]. 中国食品学报, 2012, 12(1): 199-204

Discriminating the Quality of Mucor-type Douchi at Different Cooking Conditions by Electronic Nose and Tongue

TAO Xianglin^{1 2} JIANG Liwen^{3 4} SU Wu^{2 3} ZHENG Xiaofen^{2 3}

(¹ Food Science and Technology College , Hunan Agricultural University , Changsha , Hunan 410128; ² Hunan Academy of Agricultural Science , Crop Starch Chemistry and Metabonomics Innovation Team , Changsha , Hunan 410128; ³ Key Laboratory of Food Science and Biological Technology in Hu'nan Province , Changsha , Hunan 410128; ⁴ Fermented Food Engineering and Technology Research Center in Hunan Province , Changsha , Hunan 410128)

Abstract: In order to improve the objectivity , reliability and repeatability of Mucor-type Douchi on quality review , reduce human differences of evaluation , in this paper , all samples were analyzed and tested with an electronic nose and an electronic tongue; then principal component analysis was applied for evaluating the effect of differentiation and verified by sensory evaluation; then it was concluded that the electronic nose did not effectively differentiate samples under wet steam while effectively on samples under dry steam. The electronic tongue could differentiate samples under both wet steam and dry steam effectively; the Mucor-type Douchi samples wet steamed for 35 minutes under 121℃ were closer to Laba bean samples wet steamed for 25 minutes under 135℃ and their tastes were similar to certain extent; Mucor-type Douchi samples dry steamed for 25 minutes under 105℃ were considerable different from other samples , which means its taste was significantly different from those of other samples , so it has great relevance between the taste of Douchi and cooking conditions. The results of evaluation showed that the electronic nose and tongue had a higher identification degree and more accurate and objective results than sensory evaluation. This study provided a theoretical basis for standardized production and optimization of production conditions for Mucor-type Douchi.

Keywords: electronic nose , electronic tongue , cooking conditions , Mucor-type Douchi