

基于电子鼻的鲜湿米粉新鲜度检测

Freshness detection of fresh rice noodles based on electronic nose

祝红¹ 郭宇波² 易翠平¹ 吴苏喜¹ 梅小弟³

ZHU Hong¹ GUO Yu-bo² YI Cui-ping¹ WU Su-xi¹ MEI Xiao-di³

(1. 长沙理工大学化学与生物工程学院, 湖南长沙 410114; 2. 湖南天下洞庭粮油实业有限公司, 湖南沅江 413100; 3. 金健米业股份有限公司, 湖南常德 415001)

(1. School of Chemistry and Biological Engineering, Changsha University of Science and Technology, Changsha, Hunan 410114, China; 2. Tian Xia Dong Ting Grain and Oil Industrial Co., Ltd., Yuanjiang, Hunan 413100, China; 3. Jin Jian Cereals Industry Co., Ltd., Changde, Hunan 415001, China)

摘要:采用电子鼻系统对 4, 25, 37 °C 下, 放置 0~30 h 的鲜湿米粉风味进行检测, 用以评价鲜湿米粉的新鲜度, 以菌落总数和感官评定加以验证。结果表明: 鲜湿米粉的新鲜度随着贮藏温度的升高和时间的延长而变差, 4 °C 下鲜湿米粉的风味基本没有变化; 25, 37 °C 下分别在 24, 18 h 出现异味。通过对电子鼻的传感器响应值进行 PCA 方法的分析, 可以明显区分出不同贮藏条件下的鲜湿米粉样品; Loadings 分析方法可以得知传感器 W5S、W1W 和 W2W 在检测中起到的作用最大。

关键词:鲜湿米粉; 温度; 时间; 电子鼻; 风味; 新鲜度

Abstract: Flavor of fresh rice noodles at different temperature were detected during 0~30 h storage through electronic nose to evaluate the freshness of fresh rice noodles, verified by total plate count and sensory evaluation by electronic nose. Results: The freshness of fresh rice noodles worsen with the storage temperature rise and time extension. At 4 °C, there was no significant change in flavor of fresh rice noodles, the fresh rice noodles could maintain freshness for more than 30 h. At 25 °C and 37 °C, respectively, the fresh rice noodles with peculiar smell at 24 h and 18 h. Response values of PEN3 with principal component analysis (PCA) electronic nose could identify fresh rice noodles samples stored at different conditions; In addition, the Loadings analysis proved that sensors W5S, W1W and W2W in the electronic nose PEN3 have an important impact during the detection.

Keywords: fresh rice noodle; temperature; time; e-nose; flavor; freshness

鲜湿米粉是中国南方以及东南亚地区重要的米制主食之一, 水分高, 劣变快。挥发性的风味物质是判断食品品质优劣的指标之一, 在食品安全、质量等方面起着重要的作用^[1]。

感官评定是食品中最为传统有效的方法^[2-3], 但较为主观。随着电子鼻的发展, 对食品中挥发性物质的分析变得越来越客观明确。电子鼻也被称为人造嗅觉检测器, 已成为分析食品感官特性的另一种方法^[4], 它模仿人类嗅觉系统, 通过交叉敏感的化学传感器阵列来检测和辨别复杂的挥发物^[5]。可以使用各种基于化学计量学的模式识别技术[如主成分分析(PCA), 线性判别分析(LDA), Loadings 分析等]分析从传感器信号获得的气味模式^[6]。电子鼻主要用于样品风味的宏观分析^[7], 简单快捷且无损^[8-9]。宋伟等^[10]通过电子鼻判别了不同储藏条件下糙米的品质, Huang 等^[11]利用电子鼻检测了苹果汁饮料中嗜酸热厌氧杆菌产卵的污染情况。对于用电子鼻检测鲜湿米粉新鲜度的研究尚无研究报道。

本研究拟采用电子鼻检测鲜湿米粉的风味来判断鲜湿米粉的新鲜度, 用菌落总数和感官评定的方法进行辅助判断, 以评估电子鼻方法检测鲜湿米粉新鲜度的可行性。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

籼稻谷: 浙富 802, 金健米业股份有限公司;

Lactobacillus plantarum YI-Y2013: 由本实验室分离于米粉厂的自然发酵液。

1.2 主要仪器与设备

恒温震荡培养箱: THZ-C 型, 苏州培英实验设备有限公司;

电热鼓风干燥箱: 101-2A 型, 天津市泰斯特仪器有限

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 31771899)

作者简介: 祝红, 女, 长沙理工大学在读硕士研究生。

通信作者: 易翠平(1973—), 女, 长沙理工大学教授, 博士。

E-mail: yicp963@163.com

收稿日期: 2018-02-03

公司;

电热恒温培养箱:DH5000II型,天津市泰斯特仪器有限公司;

双人单面净化工作台:SW-CT-2FD型,苏州净化设备有限公司;

磨浆机:SY-12型,浙江鲨鱼食品机械有限公司;

电子鼻:PEN3型,含10个金属氧化物传感器阵列,各传感器的名称及性能描述见表1,德国Airsense公司。

1.3 试验方法

1.3.1 鲜湿米粉的制备 鲜湿米粉的制备参考文献[12]。样品装袋密封,分别放入温度为4,25,37℃的恒温培养箱中,于0,6,12,18,24,30h取样分析。

1.3.2 菌落总数分析 按GB 4789.2—2016《食品微生物学检验 菌落总数测定》执行。

1.3.3 感官评定 参考樊振南等[13]的评分标准制订鲜湿米粉风味感官评分标准,见表1。将各鲜湿米粉样品10g置于一次性感官评定杯中,选取10名训练有素的感官评价人员对鲜湿米粉的风味进行评分。

表1 鲜湿米粉风味感官评分标准

Table 1 Flavor sensory score of fresh rice noodle

评价标准	评分范围
纯正的米香味,无异味	70~100
米香味,稍有异味	40~70
米香味不纯,异味较重	0~40

1.3.4 电子鼻分析 取5g鲜湿米粉样品置于150mL顶空进样瓶中,并加入10mL饱和氯化钠溶液,4℃密封1h,25℃平衡30min后连接电子鼻测试。电子鼻参数的设置同参考文献[12]。

1.3.5 数据处理 运用Winmuster软件对数据进行主成分分析(principal component analysis,PCA)和Loadings分析;采用SPSS 19.0统计软件进行菌落总数和感官得分统计与分析。

2 结果与分析

2.1 菌落总数分析

如图1所示,鲜湿米粉在贮藏起始期的菌落总数小于3lg(CFU/g),而随着贮藏时间的延长,鲜湿米粉在3个贮藏温度下的菌落总数整体呈上升趋势。4℃低温组的鲜湿米粉菌落总数上升缓慢,在30h为4.35lg(CFU/g),未超过鲜湿米粉零售菌落总数标准[≤ 4.5 lg(CFU/g)]^[14]。25℃常温组的鲜湿米粉菌落总数上升相对迅速,在24h达到5.92lg(CFU/g),超过了鲜湿米粉零售菌落总数标准。37℃高温组的鲜湿米粉菌落总数上升迅速,在18h达到6.14lg(CFU/g),已超过了鲜湿米粉的零售菌落总数标准。结果表明,不同贮藏温度的微生物生长情况差异显著,低温可以减缓微生物的生长,延长鲜湿米粉的货架期。

2.2 感官评定

鲜湿米粉在贮藏期间的风味感官评定结果见图2。结果

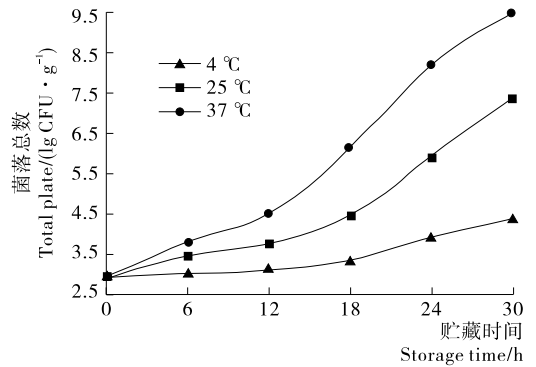
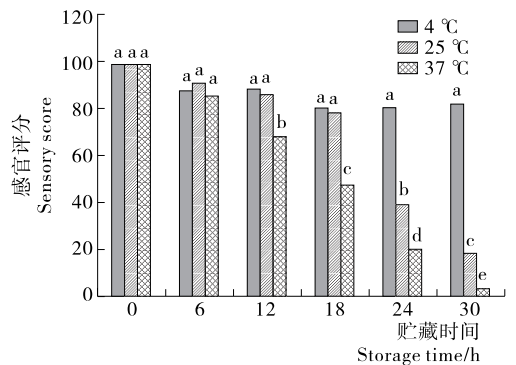


图1 鲜湿米粉中的菌落总数变化

Figure 1 Change in the total plate count of fresh rice noodles



不同小写字母代表不同贮藏时间的感官评分有显著性差异($P < 0.05$)

图2 鲜湿米粉风味感官评定图

Figure 2 Analysis of sensory taste of fresh rice noodles

表明,在4℃条件下,各时间点鲜湿米粉的风味得分无显著性变化($P > 0.05$),0~30h均具有纯正米香味且无异味。在25℃下,0~18h鲜湿米粉风味得分无显著性变化($P > 0.05$),均具有纯正米香味,无异味,而在24~30h得分显著降低($P < 0.05$),米粉异味较重,不可接受。在37℃下,18h鲜湿米粉就已经出现了明显的异味,完全不可接受。

2.3 电子鼻检测结果

2.3.1 电子鼻传感器响应值变化 采用电子鼻对在4,25,37℃下,放置0~30h鲜湿米粉风味进行测定,图3显示了鲜湿米粉样品在不同贮藏条件下的特征雷达图,每条线表示鲜湿米粉每个贮藏期传感器相对电导率的平均值,当挥发物进入传感器室内并与传感器阵列接触时,电导率随着贮藏时间的延长而增加或基本保持不变。图3的结果显示,传感器S2、S7、S9的电导率随贮藏时间的变化而变化,而其他传感器的响应值相对恒定。因此,可以推断出传感器S2、S7、S9可能对鲜湿米粉在贮藏期间产生的挥发性物质更敏感。在4℃下贮藏的鲜湿米粉,风味响应值较低,在0~30h的贮藏期间响应值变化不大;在25℃下贮藏0~18h以及在37℃下贮藏0~12h的鲜湿米粉,风味响应值没有显著性变化($P > 0.05$),10个传感器的响应值均非常接近,但储藏后期,在传感器S2、S7、S9处有了非常明显的响应值,且随着贮藏时间的延长,25℃下响应值显著增大($P < 0.05$),37℃下

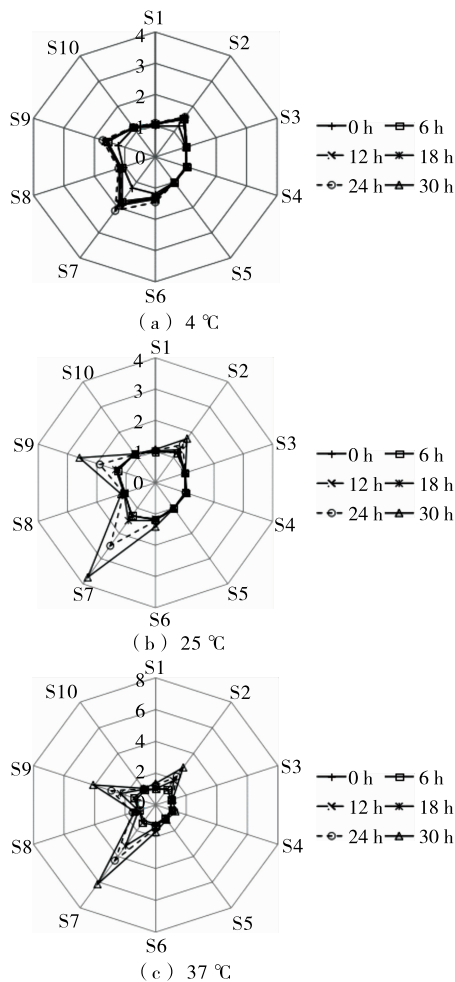


图 3 鲜湿米粉的特征雷达图

Figure 3 E-nose Response to fresh rice noodles

响应值极显著增大($P < 0.01$)。说明在贮藏后期,米粉中产生了 NO_2 等氮氧化物、 H_2S 等硫化物和含硫有机化合物以及芳香族化合物等。

2.3.2 主成分分析(PCA) 将 PCA 分析用于贮藏期内鲜湿米粉的挥发性成分分析,结果见图 4。其中,图 4(a)的第 1 主成分(PC1)和第 2 主成分(PC2)的贡献率分别为 97.35% 和 1.50%、总贡献率为 98.85%;图 4(b)的 PC1 和 PC2 的贡献率分别为 99.54% 和 0.19%、总贡献率为 99.73%;图 4(c)的 PC1 和 PC2 的贡献率分别为 99.74% 和 0.14%、总贡献率为 99.88%,均可以用来代表米粉样品的所有信息。与菌落总数和感官评定结果相结合,图 4(a)中 0~30 h 的挥发性成分基本重叠,鲜湿米粉具有纯正米香味,到 30 h 菌落总数仍未超标,说明 4 °C 放置 30 h 的鲜湿米粉风味没有显著性变化,可以保证一定的新鲜度。图 4(b)中 0~18 h 米粉挥发性成分相互重叠,24 h 出现偏离,鲜湿米粉有异味出现,菌落总数超标,说明 25 °C 下米粉放置 18 h 的风味基本没有变化,至少可以保证 18 h 的货架期。图 4(c)中 0~12 h 米粉挥发性成分相互重叠,18 h 开始偏离,鲜湿米粉出现异味,菌落总数超标,说明 37 °C 下米粉放置 12 h 的风味基本不变,至少可以保证 12 h 的货架期。PCA 结果与鲜湿米粉中的菌落总数与感官评价结果可一一对应,因此,在一定程度上电子鼻中的

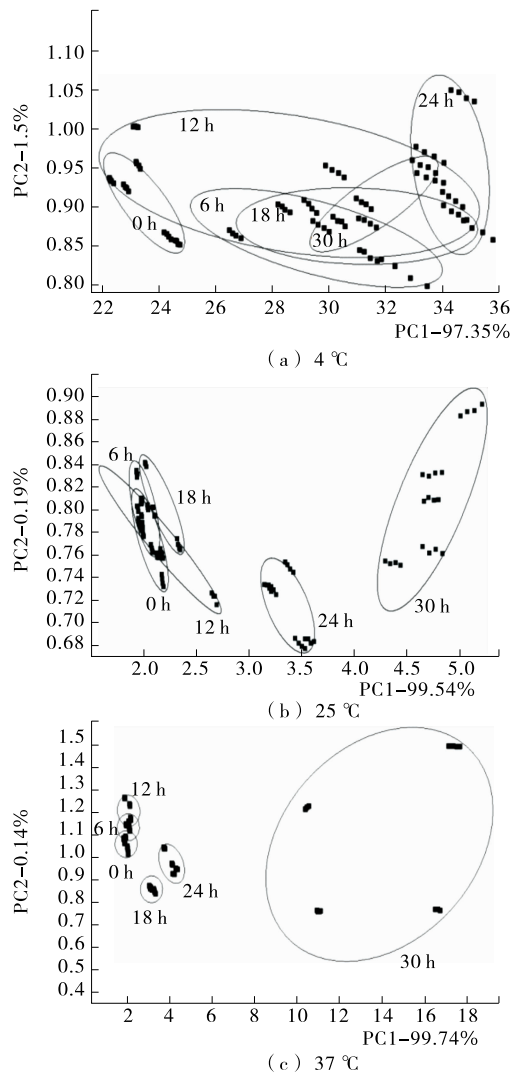


图 4 鲜湿米粉挥发性成分的主成分分析

Figure 4 PCA on volatile components of fresh rice noodle

PCA 分析可以更加快速简便且客观地判别鲜湿米粉的风味,评价鲜湿米粉的新鲜度。

2.3.3 Loadings 分析 Loadings 分析用于对传感器贡献率的分析,不同传感器在负荷加载分析图中的位置可以反映传感器对样品挥发性气味的贡献率^[15],若某传感器的位置接近于(0,0),则此传感器的识别作用可以忽略,反之,传感器的位置离(0,0)越远,则其识别作用越强。图 5 是不同贮藏条件下鲜湿米粉的 Loadings 传感器贡献率分析图。负载因子由 2 个主成分表示,图 5(a)中的负载因子分别占总方差的 97.21% 和 1.55%,传感器 W5S、W1W 和 W2W 在 LA1 中占比较大;图 5(b)中的负载因子分别占总方差的 99.52% 和 0.25%,传感器 W1W 在 LA1 中占比较大,传感器 W5S 和 W2W 在 LA1 和 LA2 中占比较大;图 5(c)中的负载因子分别占总方差的 99.79% 和 0.11%,传感器 W5S 在 LA1 中占比较大,传感器 W2W 和 W1W 在 LA1 和 LA2 中占比较大,其他传感器的贡献相对较小。如上所述,不同传感器对样品的响应值不同,可通过进一步研究来优化传感器阵列组合,从而选择少量传感器的子集来解释差异,以达到更好的检测效果。

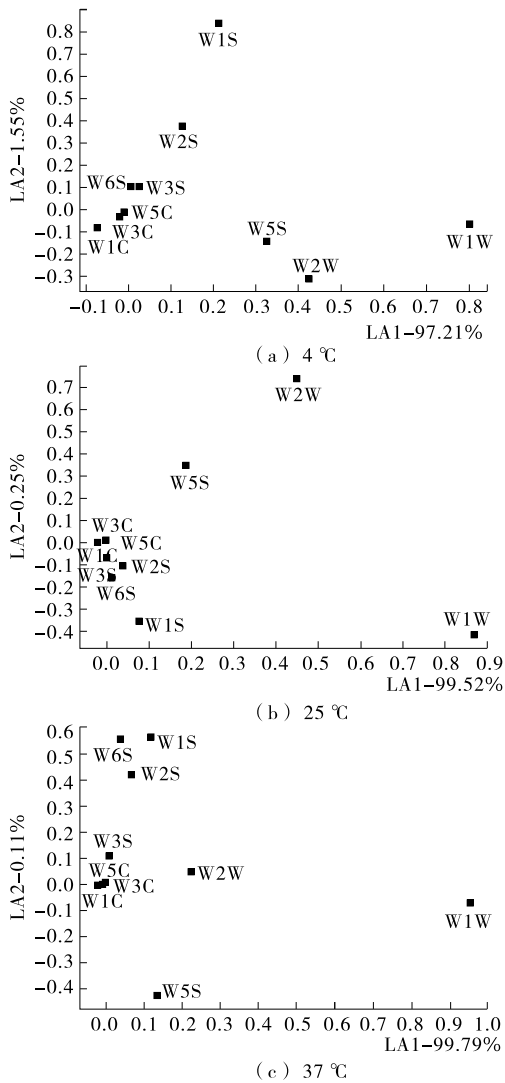


图5 Loadings 传感器贡献率分析图

Figure 5 Loadings analysis for the contribution rates using different sensors

3 结论

电子鼻 10 个传感器对不同贮藏条件下鲜湿米粉样品的响应值特征雷达图存在明显不同,利用电子鼻系统可对不同贮藏条件下鲜湿米粉样品进行无损检测。采用电子鼻中的 PCA 分析可以明显区分出不同贮藏条件下的鲜湿米粉样品,评价鲜湿米粉的新鲜度,越到贮藏后期鲜湿米粉风味越明显区别于贮藏 0 h 的,贮藏温度越高,鲜湿米粉的风味变化越大。4 °C 鲜湿米粉的货架期可维持 30 h 以上,25,37 °C 鲜湿米粉的货架期至少可分别维持 18,12 h。Loadings 分析可得,W5S、W1W 和 W2W 对模式识别影响较大,对识别不同贮藏条件下鲜湿米粉样品的贡献率也最大,可通过进一步研究来优化传感器阵列组合,从而选择少量传感器的子集来解释差异,以达到更好的检测效果。

参考文献

[1] 鞠兴荣, 张檬达, 石嘉怿. 基于电子鼻和 HS-SPME-GC-MS 检测并分析籼稻谷贮藏期间挥发性物质的研究[J]. 中国粮油学报, 2016, 31(12): 139-146.

[2] 朱金虎, 黄卉, 李来好. 食品中感官评定发展现状[J]. 食品工业科技, 2012(8): 398-401, 405.

[3] FENG Tao, ZHUANG Hai-ning, YE Ran, et al. Analysis of volatile compounds of Mesona Blumes gum/rice extrudates via GC-MS and electronic nose[J]. Sensors and Actuators B: Chemical, 2011, 160(1): 964-973.

[4] CASALE M, OLIVERI P, ARMANINO C, et al. NIR and UV-vis spectroscopy, artificial nose and tongue: Comparison of four fingerprinting techniques for the characterisation of Italian red wines[J]. Analytica Chimica Acta, 2010, 668(2): 143-148.

[5] GHASEMI-VARNAMKHAZI M, MOHTASEBI S S, RODRIGUEZ-MENDMEZ M L, et al. Potential application of electronic nose technology in brewery[J]. Trends in Food Science & Technology, 2011, 22(4): 165-174.

[6] GRANATO D, CALADO V M, JARVIS B. Observations on the use of statistical methods in food science and technology[J]. Food Research International, 2014, 55: 137-149.

[7] LOUTFI A, CORADESCHI S, GANESH K M, et al. Electronic noses for food quality: a review[J]. Journal of Food Engineering, 2015, 144: 103-111.

[8] TIAN Huai-xiang, LI Feng-hua, QIN Lan, et al. Discrimination of chicken seasoning and beef seasonings using electronic nose and sensory evaluation[J]. Journal of Food Science, 2014, 79(11): 2 346-2 353.

[9] LTIAN Hong-lei, ZHAN Ping, HE Xiao-yan, et al. Contribution to the aroma characteristics of mutton process flavor from oxidized suet evaluated by descriptive sensory analysis, gas chromatography, and electronic nose through partial least squares regression[J]. European Journal of Lipid Science and Technology, 2014, 116(11): 1 522-1 533.

[10] 宋伟, 刘璐, 支永海, 等. 电子鼻判别不同储藏条件下糙米品质的研究[J]. 食品科学, 2010, 31(24): 360-365.

[11] HUANG Xiao-chen, YUAN Ya-hong, WANG Xiao-yuan, et al. Application of electronic nose in tandem with chemometric analysis for detection of alicyclobacillus acidoterrestris-spawned spoilage in apple juice beverage[J]. Food Bioprocess Technol, 2015, 8: 1 295-1 304.

[12] 易翠平, 任梦影, 周素梅, 等. 纯种发酵对鲜湿米粉品质的影响[J]. 食品科学, 2017, 38(4): 20-25.

[13] 樊振南, 易翠平, 祝红, 等. 植物乳杆菌发酵对鲜湿米粉品质的影响 II: 食味品质[J]. 中国粮油学报, 2018, 33(1): 7-12.

[14] 广西壮族自治区卫生和计划生育委员会. DBS45/ 020—2015 食品安全地方标准 鲜湿米粉[S]. 广西: [出版者不详], 2015: 3.

[15] GOMEZ A H, WANG Jun, HU Gui-xian, et al. Electronic nose technique potential monitoring mandarin maturity[J]. Sensors and Actuators B: Chemical, 2006, 113(1): 347-353.