

文章编号:1671-1513(2011)01-0042-05

# 应用电子鼻分析香精及产品气味变化相关性

韩利英, 白雪, 康小红, 生庆海

(内蒙古蒙牛乳业(集团)股份有限公司, 内蒙古呼和浩特 011500)

**摘要:**优化了电子鼻录入香精及产品气味信息的方法,在该录入条件下实现了电子鼻区分香精及对应产品在贮藏过程中气味信息的变化.对 2 支香精及对应产品在常温条件下贮藏过程中的气味变化进行了追踪,并通过对不同气味信息建立模型,分析了香精及产品在贮藏过程中气味变化的相关性.

**关键词:**电子鼻;录入方法;气味变化;相关性

**中图分类号:**TS202.3

**文献标志码:**A

电子鼻也称人工嗅觉,是模拟生物鼻子的嗅觉功能,从而代替人类鼻子进行检测的一种电子系统.1993年,英国 Warwick 大学的 Gardner, Southampton 大学的 Bartlett<sup>[1]</sup>对电子鼻给出了如下定义:电子鼻是一种由具有部分选择性的化学传感器阵列和适当的模式识别系统组成的,能够识别简单或复杂气味的仪器.一个典型的电子鼻系统一般由气敏传感器阵列、信号处理子系统和模式识别子系统等 3 大部分组成<sup>[2]</sup>.近年来,由于电子鼻检测的最主要优点是无需对样品本身进行任何处理,且具有快速、客观、准确、重复性好的特点,因此对电子鼻的研究越来越受到人们的欢迎.随着研究的深入,电子鼻的应用领域也越来越广泛,在食品、医药、环境检测等多方面都有应用<sup>[3]</sup>,尤其是在酒类、肉类、茶叶、水果成熟及贮藏期、香精识别等方面的应用效果显著<sup>[4-7]</sup>.在前人研究的基础上,本文研究了电子鼻录入香精及产品气味信息的方法,对其在贮藏过程中的气味变化进行了追踪,并通过对不同气味信息建立模型,分析了两者的气味变化的相关性.

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

2 支香精以及以这 2 支香精为配料的产品.

### 1.2 仪 器

Pen3 型电子鼻,德国 AIRSENSE 公司;100 ~ 5 000  $\mu\text{L}$ 移液枪,德国 EPPENDORFF 公司;10 ~ 100  $\mu\text{L}$ 移液枪,德国 EPPENDORFF 公司;恒温水浴锅, SHELTON MANOF ACTURING, INC.

### 1.3 方 法

分析不同贮藏期香精及对应产品气味信息相关性,需将不同贮藏期香精和对应产品气味信息数据建立在同一个模型中,所以首先需确定录入方法,使电子鼻可以区分这些样品.

确定录入方法时,以其中任一种香精为实验样品,将香精在特制的小瓶中配置成不同浓度梯度的水溶液,用瓶盖密闭,之后用电子鼻进行数据录入,录入时将小瓶与气体循环装置相连.

录入方法确定后,将在常温条件下贮存的香精和产品每隔 15 天按照所得的录入方法进行气味信息录入,分析香精和产品在 3 个月中的变化及相关性情况.

### 1.4 数 据 分 析

用线性判别式分析(linear discriminant analysis, LDA)对实验数据进行分析.

收稿日期:2010-12-10

作者简介:韩利英,女,研究员,硕士,主要从事乳品感官及工艺学方面的研究;

生庆海,男,教授级高工,博士,主要从事乳制品的研发与管理工作. 通讯作者.

## 2 结果与分析

### 2.1 电子鼻测定香精参数

#### 2.1.1 不同测定参数对测定结果的影响

##### 2.1.1.1 香精温度对香精区分度的影响

在清洗时间为 400 s, 测定时间为 100 s, 香精体积分数为 1% 时, 分别选择香精温度为 15, 25, 35, 45, 55 °C 对香精进行测定, 结果见图 1。

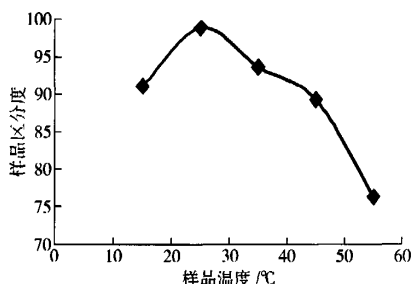


图 1 香精温度对香精区分度的影响

Fig. 1 Impact of flavor temperature to flavor discrimination

从图 1 可知, 香精温度在 25 °C 时, 香精区分度最好, 这可能是因为如果香精温度太低, 香精中的芳香物质难以挥发, 测定结果就会不理想; 如果加热温度太高, 会产生大量水蒸气, 而电子鼻作用原理是传感器上阵列与气体物质分子反应后, 经过一系列物理、化学变化产生电信号, 电信号经电子线路放大并转换成数字信号输入计算机中, 大量水蒸气的产生, 会直接影响传感器与气体物质分子反应(严重时会影响传感器), 从而影响最终判定结果。

##### 2.1.1.2 清洗时间对香精区分度的影响

在香精温度为 25 °C, 测定时间为 100 s, 香精体积分数为 1% 时, 分别选择清洗时间为 300, 400, 500, 600, 700 s 对香精进行测定, 结果见图 2。

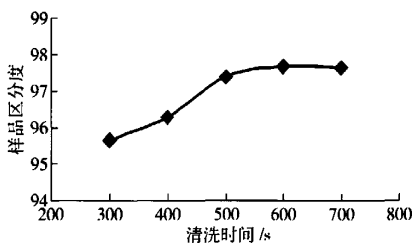


图 2 清洗时间对香精区分度的影响

Fig. 2 Impact of cleaning time to flavor discrimination

从图 2 可知, 清洗时间为 500 s 以上时, 香精的区分度较好, 这可能是因为如果清洗时间较短, 附着在传感器上香精气味分子就无法完全被清洗掉, 会影响下个测试香精的测定结果。从图 2 还可以看出, 清洗时间为 500, 600, 700 s 时, 香精区分度都相差无几, 即相同条件下, 清洗 500, 600, 700 s 的效果一样, 但如果清洗时间太长, 会造成时间的浪费、仪器的损耗, 因此要选择适当的清洗时间。由于不同的香精对传感器的附着能力不同, 因此如果当清洗到 500 s 时, 仪器所显示的雷达图仍不饱满, 需要延长清洗时间。

##### 2.1.1.3 测定时间对香精区分度的影响

在香精温度为 25 °C, 清洗时间为 500 s, 香精体积分数为 1% 时, 分别选择测定时间为 60, 80, 100, 120, 140 s 对香精进行测定, 结果见图 3。

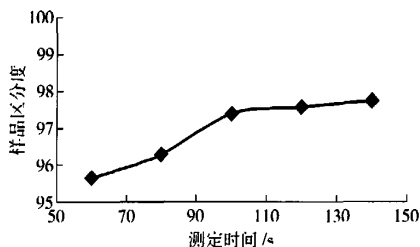


图 3 测定时间对香精区分度的影响

Fig. 3 Impact of measuring time to flavor discrimination

从图 3 可以看出, 测定时间为 100, 120, 140 s 时, 香精的区分度较好, 这可能是因为如果测定时间较短, 电子鼻所绘制的曲线还不稳定, 无法全面正确地反映香精的所有香味特征。从图 3 还可以看出, 测定时间为 100, 120, 140 s 时, 香精区分度都相差无几, 即相同条件下, 测定 100, 120, 140 s 的效果一样, 但如果测定时间太长, 会造成时间的浪费、仪器的损耗, 因此要选择适当的测定时间。

##### 2.1.1.4 香精浓度对香精区分度的影响

在香精温度为 25 °C, 清洗时间为 500 s, 测样时间为 100 s 时, 分别选择香精体积分数为 0.50%, 0.75%, 1.00%, 1.25% 对香精进行测定, 结果见图 4。

从图 4 可以看出, 当香精体积分数为 1.00% 时, 香精的区分度最好, 这可能是因为当香精浓度低时, 电子鼻不能够充分接触到芳香成分, 难以对香精进行区分; 当香精浓度高时, 浓烈的气味会影响传感器的判断, 因此香精的区分度也会较差。

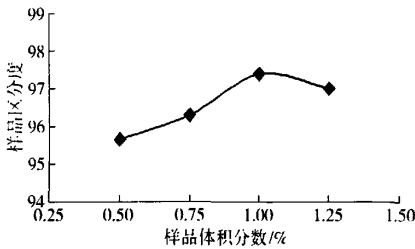


图4 香精浓度对香精区分度的影响

Fig. 4 Impact of flavor concentration to flavor discrimination

### 2.1.2 电子鼻测定参数的优化

根据单因素实验结果,选择香精温度(A)、清洗时间(B)、测样时间(C)、香精体积分数(D)4个因素,每个因素确定4个水平,进行L16<sup>(44)</sup>正交试验.正交试验因素水平表及电子鼻测定条件正交试验结果见表1、表2.

表1 正交试验因素水平表

Tab.1 Orthogonal factor level table

水平	因素			
	A	B	C	D 香精
	香精温度/℃	清洗时间/s	测样时间/s	体积分数/%
1	20	450	90	0.80
2	25	500	100	0.90
3	30	550	110	1.00
4	35	600	120	1.10

从表2中极差R的大小可以看出,各因素对香精测定结果的影响由大到小依次为:香精温度>测样时间>清洗时间>香精体积分数.

从香精区分度分析可知,按照因素的最好水平选取为A<sub>2</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>D<sub>3</sub>,即香精温度为25℃,清洗时间为500s,测样时间为100s,香精体积分数1%是测定香精的最优组合.

测定产品信息时,通过实验可知产品直接录入即可实现良好区分度,所以不对产品进行稀释,其他参数与香精相同.

### 2.2 电子鼻分析不同贮存期的香精及相应产品气味信息

不同贮存期的香精及相应产品气味信息结果如图5、图6.从图中可以看出,香精和产品常温放置90d过程中整体气味不断发生改变,并且电子鼻能够辨别这种变化,将不同贮存期的香精和产品有效地进行区分.

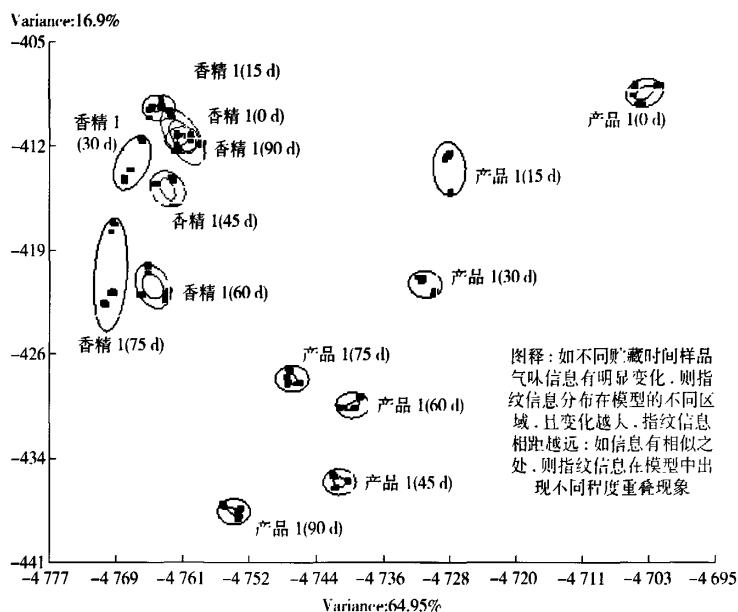
表2 电子鼻测定条件正交试验结果

Tab.2 Results of orthogonal test for electronic nose determination conditions

试验号	A 香精 温度/℃	B 清洗 时间/s	C 测样 时间/s	D 香精体积 分数/%	香精区 分度/%
1	1	2	3	3	96.38
2	2	4	1	2	98.35
3	3	4	3	4	93.26
4	4	2	1	1	89.79
5	1	3	1	4	94.89
6	2	1	3	1	97.99
7	3	1	1	3	95.32
8	4	3	3	2	88.69
9	1	1	4	2	95.67
10	2	3	2	3	98.39
11	3	3	4	1	94.56
12	4	1	2	4	91.66
13	1	4	2	1	95.79
14	2	2	4	4	99.19
15	3	2	2	2	95.79
16	4	4	4	3	90.78
K <sub>1</sub>	382.73	380.64	378.35	378.13	
K <sub>2</sub>	393.92	381.15	381.63	378.50	
K <sub>3</sub>	378.93	376.53	376.32	380.87	
K <sub>4</sub>	360.92	378.18	380.20	379.00	
k <sub>1</sub>	95.68	95.16	94.59	94.53	
k <sub>2</sub>	98.48	95.29	95.41	94.63	
k <sub>3</sub>	94.73	94.13	94.08	95.22	
k <sub>4</sub>	90.23	94.55	95.05	94.75	
R	8.25	1.16	1.33	0.69	

从整体实验结果来看,香精1和产品1整体气味变化相关性表现为,香精1常温放置90d过程中变化程度小于产品1,前45d产品1和香精1的气味变化程度明显不同,表现为产品气味变化明显快于香精气味变化,这可能是产品中其他物质气味改变较大引起.

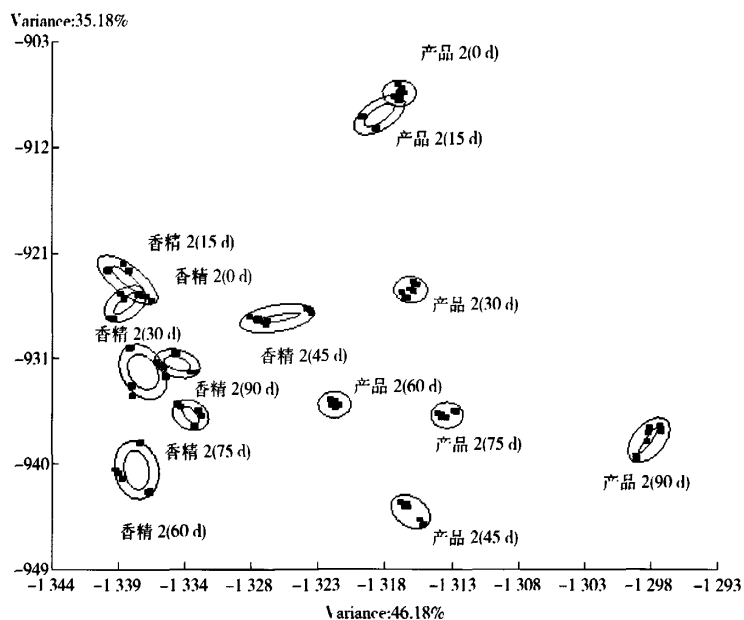
从整体实验结果来看,香精2和产品2整体气味变化相关性表现为,香精2常温放置90d过程中变化程度小于产品2,前15d香精2和产品2的气味变化程度均较小,15d到90d过程中两者气味变化程度均加大,产品变化程度快于香精变化程度,这可能是产品中其他物质气味改变较大引起.



注：纵横坐标所代表的物理量为空间维度，该物理量无单位。

图 5 不同贮存时间的香精 1\产品 1 的气味分布

Fig. 5 Different storage time smell distribution of flavor 1 and products 1



注：纵横坐标所代表的物理量为空间维度，该物理量无单位。

图 6 不同贮存时间的香精 2\产品 2 的气味分布

Fig. 6 Different storage time smell distribution of flavor 2 and products 2

香精1在10 d和90 d的气味信息区分不明显,香精2在30 d和90 d的气味信息有重叠现象,这可能是由于香精为了保持其体系的相对稳定性,内部不断发生聚合和分解反应,而在贮存过程中测定其气味,就会产生气味循环变化的现象。

### 3 结 论

1)在选定的录入条件下,电子鼻可以区分香精及对应产品在贮藏过程中气味信息的变化,并对其进行追踪分析。

2)对2支香精及对应产品的气味变化进行了追踪,由两者常温下贮藏90 d过程中的气味变化信息可知,2种产品变化程度均快于香精变化程度,其中产品1前45 d气味变化明显快于香精1,香精2和产品2前15 d的气味变化程度均较小,15 d到90 d过程中两者气味变化程度均加大,产品变化程度快于香精变化程度。

#### 参考文献:

- [1] Gardner J W, Bartlett P N. A brief history of electronic nose[J]. *Sensors and Actuators B*, 1994, 18(19): 211-220.
- [2] 于勇,王俊,周鸣.电子鼻的研究发展及其在农产品加工中的应用[J]. *浙江大学学报:农业与生命科学版*, 2003, 29(5): 579-584.
- [3] 刘亨利,胡国清.电子鼻的应用综述[J]. *传感器世界*, 2007(8): 6-10.
- [4] 刘志东,郭本恒,王荫愉,等.电子鼻在乳品工业中的应用[J]. *食品与发酵工业*, 2007, 33(2): 102-107.
- [5] 吴守一,邹小波.电子鼻在食品行业中的应用研究进展[J]. *江苏理工大学学报:自然科学版*, 2000, 21(6): 13-17.
- [6] 周亦斌,王俊.电子鼻在食品感官检测中的应用进展[J]. *食品与发酵工业*, 2004, 30(2): 129-132.
- [7] 贾宗艳,任发政,郑丽敏.电子鼻技术及在乳制品中的应用研究进展[J]. *中国乳品工业*, 2006, 34(4): 35-38.

## Application of Electronic Nose in Analyzing Correlation Between Flavors and Odor of Products

HAN Li-ying, BAI Xue, KANG Xiao-hong, SHENG Qing-hai

(Inner Mongolia MENGNIU Dairy (Group) Co. Ltd, Huhhot 011500, China)

**Abstract:** The electronic nose input methods of fragrance and product odor information was optimized. The flavor and the odor information changes of the corresponding products during the storage could be distinguished using this input method. Two flavors and products odor changes during the storage were tracked using electronic nose, and the correlation between flavors and the corresponding products odor change during storage was analyzed.

**Key words:** electronic nose; input method; odor changes; correlation

(责任编辑:檀彩莲)