

## 基于 fisher 线性判别和 BP 神经网络的电子鼻 羊奶贮藏时间预测

张虹艳 丁武\*

(西北农林科技大学食品学院 陕西 杨凌 712100)

**摘要** 利用电子鼻 PEN3 系统快速检测室温和冷藏条件下羊奶的贮藏时间。通过电子鼻系统采集羊奶室温及冷藏期间挥发性成分的响应值,并用主成分分析法(PCA)、fisher 线性判别分析法(FDA)和 BP 神经网络进行模式识别。测定结果表明 FDA 方法区分室温贮藏及冷藏 1~5 d 羊奶的效果优于 PCA,而且羊奶贮藏期间挥发性成分的变化趋势明显,这种气味的变化规律与酸度的变化规律相符。同时用 FDA 和 BP 神经网络预测羊奶贮藏时间,结果 FDA 预测常温及冷藏羊奶正确率分别为 100%和 98.9%,均高于 BP 神经网络。

**关键词** 电子鼻;羊奶;贮藏时间;fisher;BP

**文章编号** 1009-7848(2012)06-0166-08

生鲜奶挤出后若不及时冷却,微生物会大量繁殖,新鲜度下降,营养品质降低。如何快速、客观地评定生鲜奶新鲜度,成为当前消费者与国家检验部门的迫切需求。现阶段传统的化学分析方法仍占主导地位,这些分析技术成熟,准确度较高,但检测时间长,破坏样品,检测速度低,很难适应短时间内获取大量样品成分的市场需求。快速检验和评价乳品的质量成为食品加工质量、食品安全、消费市场监管等环节实施职能的重要手段<sup>[1-2]</sup>。

电子鼻(electronic nose,EN)作为一种新型仪器,因其客观、准确、快捷、重复性好及不损伤样品的特点,越来越得到人们的重视<sup>[3-4]</sup>。电子鼻与普通的化学仪器(如色谱仪、光谱仪等)不同,得到的不是被测样品成分的定性和定量结果,而是给予样品中挥发成分的整体信息,也就是“指纹数据”<sup>[5]</sup>。目前电子鼻的应用主要集中于肉品新鲜度的检测<sup>[6]</sup>,果蔬成熟度和储藏期的检验<sup>[7]</sup>,茶叶的分类<sup>[8]</sup>,谷物品质的筛选<sup>[9]</sup>,饮料的识别<sup>[10]</sup>,酒类的识别<sup>[11]</sup>,植物油的检测<sup>[12]</sup>以及食品包装的检测<sup>[13]</sup>。

羊奶酪蛋白含量低,乳清蛋白含量高,蛋白质的凝块比较软,组成羊奶蛋白质的氨基酸与人奶相近,因此在灭菌后食用几乎可全部消化吸收<sup>[14]</sup>。本试验中以羊奶为研究对象,用电子鼻技术检测羊奶在不同贮藏温度下挥发性成分的变化,进而判定羊奶的贮藏时间及贮藏期内挥发性成分的变化趋势。

### 1 材料与方法

#### 1.1 材料与分组

羊奶由当地羊场提供,每个羊奶样品 20 mL,放入 50 mL 玻璃容器中,分别置于 4℃和室温(15±1)℃条件下贮藏,贮藏时间为 1,2,3,4,5 d。利用电子鼻对不同温度下不同贮藏时间的样品进行检测,同时检测样品酸度值,每个样品 40 个重复。

试验时将样品密封 1 h,当其顶部空间的挥发物达到平衡状态时,进行电子鼻自动顶空取样检测。电子鼻试验参数设置是:样品间隔 1 s,样品准备时间 5 s,检测时间 60 s,测量计数 1 s,零点计数 100 s,自动调零时间 5 s,清洗时间 60 s,内部流量 400 mL/min,进样流量 400 mL/min。

在 fisher 线性判别和 BP 神经网络的分析中,将室温和冷藏条件下贮藏 1~5 d 的羊奶样品,共 400 份样本数据分成两类,其中 250 份样本数据用于建模,其余 150 份样本数据用于预测,即室温

收稿日期:2011-06-29

基金项目:公益性行业科研专项经费项目(3-45)

作者简介:张虹艳,女,1986 年出生,硕士

通讯作者:丁武

与冷藏条件下每天的建模集样本数 25 个, 预测集样本数 15 个。

## 1.2 仪器与检测方法

1.2.1 电子鼻检测 PEN3 便携式电子鼻购自德国 Airsense 公司。PEN3 电子鼻包含 W1C(甲苯类)、W5S(NO<sub>2</sub>)、W3C(苯类)、W6S(H<sub>2</sub>)、W5C(丙烷)、W1S(CH<sub>3</sub>)、W1W(H<sub>2</sub>S)、W2S(CO)、W2W(H<sub>2</sub>S)和 W3S(CH<sub>3</sub>)10 个金属氧化物传感器阵列。当传感器接触到样品挥发物后, 电导率  $G$  发生改变, 与初始电导率  $G_0$  的比值  $G/G_0$  (相对电导率) 随之变化。响应气体浓度越大,  $G/G_0$  值越偏离 1 (大于或者小于 1)。如果浓度低于检测限或者没有感应气体, 则接近甚至等于 1。记录 10 个不同选择性的传感器  $G/G_0$  比值, 作为统计分析的数据。为了有效消除漂移现象, 每次测量前、后, 对传感器都进行清洗和标准化, 从而确保了电子鼻测量数据的稳定性和精确度。结合自带 WinMuster 软件对数据进行采集、测量和分析。

1.2.2 酸度检测 取 10 mL 羊奶样于 150 mL 三角瓶中, 加 20 mL 经煮沸冷却的水, 再加 0.5% 酚酞指示剂 0.5 mL (3~5 滴) 混匀, 用 0.1 mol NaOH 标液滴定到微红色且 30 s 不褪色, 用所消耗 NaOH 标准溶液的体积 (mL) 乘以 10, 即滴定酸度 ( $^{\circ}\text{T}$ )。奶中酸度增高的原因是微生物活动的结果, 通过测定奶的酸度, 可以判断奶的新鲜度。

## 1.3 数据处理方法

1.3.1 fisher 线性判别分析<sup>[15]</sup> 设有  $k$  个  $m$  维总体  $\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_k$ , 它们的均值分别是  $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_k$ , 协方差矩阵分别是  $\Sigma_1 = \Sigma_2 = \dots = \Sigma_k = \Sigma > 0$ 。现有  $m$  维样品  $x$ , 该样品  $x$  应归于哪个类别? fisher 的判别法是:

$$\text{设 } \bar{\mu} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \mu_i, B = \sum_{i=1}^k (\mu_i - \bar{\mu})(\mu_i - \bar{\mu}), \lambda_1 \geq$$

$\lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_s > 0$  是  $B^{-1}$  的  $s$  个非零特征根,  $s \leq \min(k-1, m)$ ,  $t_1, t_2, \dots, t_s$  是对应的标准正交的特征向量, 则线性组合  $y_1(x) = t_1'x$  称为第一判别函数,  $y_2(x) = t_2'x$  称为第二判别函数,  $\dots, y_s(x) = t_s'x$  称为第  $s$  个判别函数, 且  $\text{Var}(t_i'x) = 1, i = 1, 2, \dots, s$ 。

建立判别函数  $y_i = t_i'x, i = 1, 2, \dots, s$  后, 它们组成判别向量  $y = (y_1, y_2, \dots, y_s)'$ , 对总体  $\pi_i$  来说, 其中心(条件均值)是:

$$\mu_{iy} = E(y(x) | x \in \pi_i) = (\mu_{i1}, \mu_{i2}, \dots, \mu_{is}) = (t_1' \mu_i, t_2' \mu_i, t_3' \mu_i), i = 1, 2, \dots, k。$$

对新样品  $x$ , 由判别函数它对应  $y = (y_1, y_2, \dots, y_s)'$ , 它与  $\mu_{iy}$  的欧式距离平方为:

$$D^2(y, \mu_{iy}) = (y - \mu_{iy})' (y - \mu_{iy}) = \sum_{i=1}^s (y_i - \mu_{ii})^2, i = 1, 2, \dots, k。$$

因此 fisher 判别准则是: 对样品  $x, x \in \pi_j$ , 若  $D^2(y, \mu_{iy}) = \min_{i=1, \dots, k} D^2(y, \mu_{iy})$ , 则  $x$  属于第  $i$  组。

1.3.2 BP 神经网络 BP 神经网络表现出结构确定的人为性, 训练速度慢以及初始权值对结果影响的随机性等缺陷, 同时 BP 神经网络还具有学习过程易陷入局部极小, 易出现震荡和网络存在冗余连接或节点等缺陷。LM 算法是高斯-牛顿法与梯度下降法的结合, 既有高斯-牛顿法的快速收敛特性, 又有梯度下降法的全局搜索特性。

## 2 结果与分析

### 2.1 电子鼻对挥发性成分的响应

从图 1 可知, 开始时相对电阻比较低, 随着挥发性气体的不断吸入并在传感器表面富集, 该比值迅速增大并达到最大值, 随后逐渐趋于平缓, 达到稳定的状态。因样品在 60 s 内信号曲线较为平稳, 故用 60 s 处的信号作为分析的时间点。由图 1 看出, 电子鼻对羊奶挥发性成分有明显的响应, 并且每个传感器对羊奶的响应各不相同。冷藏羊奶的响应值明显比室温羊奶微弱。

### 2.2 PCA 分析

2.2.1 室温羊奶 图 2 为室温羊奶贮藏期间的 PCA 图, 第 1 主成分贡献率为 57.90%, 第 2 主成分贡献率为 27.85%, 总贡献率为 85.75%。室温贮藏 1~5 d 的羊奶边缘有重叠, 不能完全得到区分, 需要用 FDA 方法进一步分析。

2.2.2 冷藏羊奶 从图 3 可以看出, 第 1 主成分贡献率为 68.77%, 第 2 主成分贡献率为 27.62%, 总贡献率为 96.39%。冷藏第 1~5 天的样品分布较为分散, 这是由于冷藏条件下羊奶的品质随时间变化较慢, 挥发物变化也慢, 所以 5 种贮藏时间的羊奶所产生的挥发性成分差异较小, 其区分效果不如室温下羊奶的 PCA 分析, 需用 FDA 方法进一步分析。

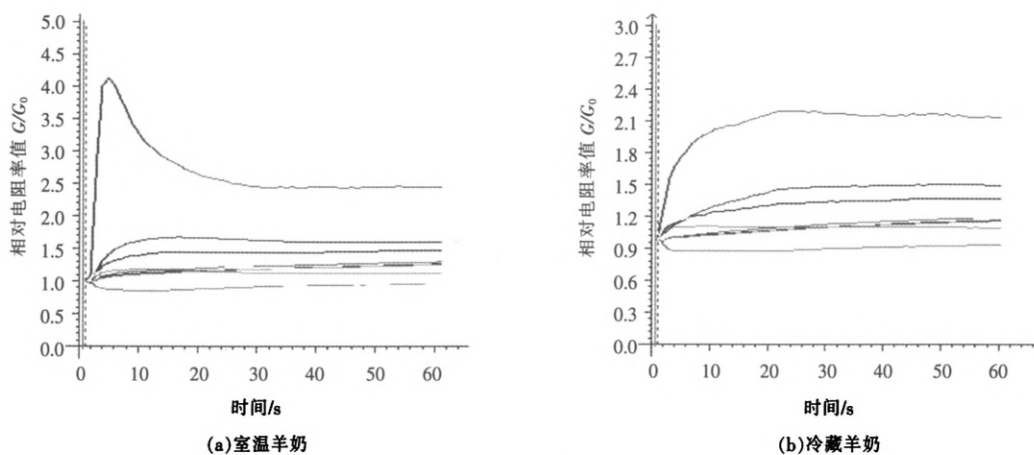


图1 传感器对羊奶挥发性物质的响应图

Fig.1 The response graph of sensors to volatile composition of goat milk

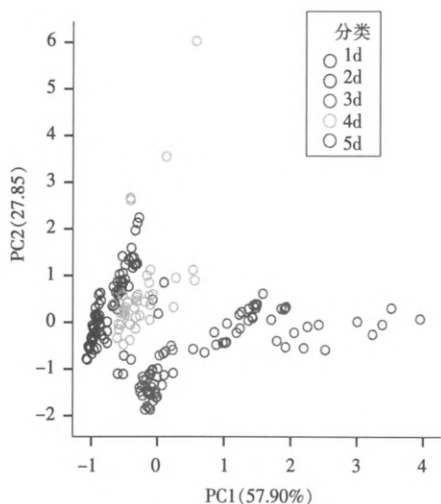


图2 室温羊奶贮藏期间 PCA 图

Fig.2 PCA score plot of goat milk at ambient temperature

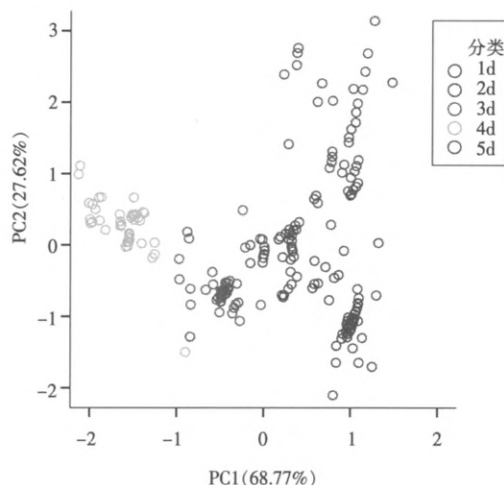


图3 冷藏羊奶贮藏期间 PCA 图

Fig.3 PCA score plot of frozen goat milk

2.2.3 PCA 双标图分析 如图4所示,第1主成分PC1的贡献率为51.01%,第2主成分PC2的贡献率为35.09%,总贡献率为86.10%。根据PC1及PC2,区分不同温度下不同贮藏时间的羊奶。通过PCA分析,可以把不同贮藏期的羊奶样品分为3个时期,即新鲜(冷藏第1~3天),次新鲜(冷藏第

4~5天与室温贮藏第1~2天)和腐败(室温贮藏第3~5天)。

根据国家标准<sup>[7]</sup>,新鲜羊奶的酸度 $\leq 16$ 。对照表1与表2酸度值发现室温冷藏第1~3天的羊奶酸度 $\leq 16$ ,即新鲜羊奶;冷藏第4~5天与室温贮藏第1~6天的羊奶酸度 $>16$ ,即不新鲜,与PCA分析

结果一致。与沈月新<sup>[8]</sup>提出的乳品在(4~5)℃条件下可保鲜 24~36 h,室温下只能维持数小时新鲜的

结论也一致。

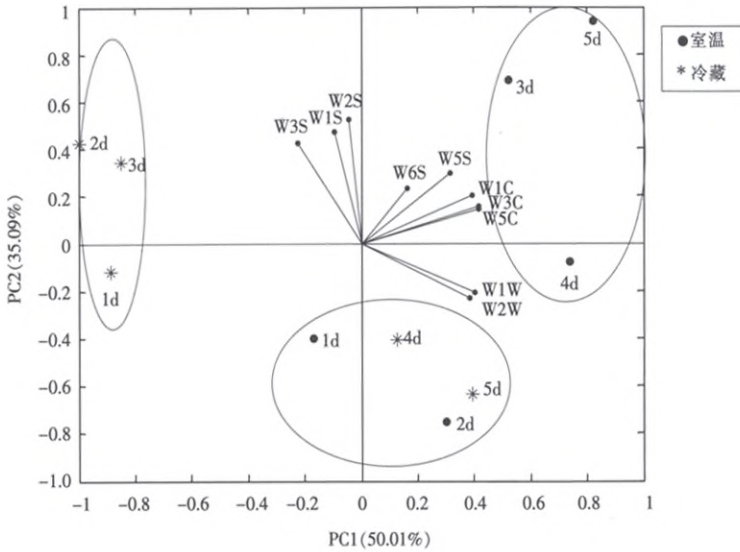


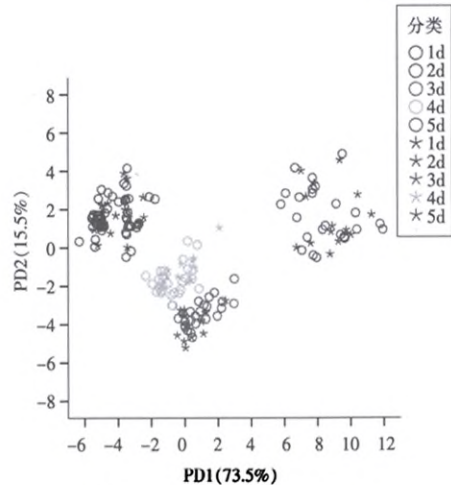
图 4 不同温度下贮藏不同时间的羊奶与传感器响应的双标图

Fig.4 Biplot of sensor responses and samples scores during storage of goat milk at different temperatures

### 2.3 LDA 分析

**2.3.1 室温羊奶** 如图 5FDA 线性判别法分析, FD1 的贡献率为 73.5%,FD2 的贡献率为 15.5%,总贡献率为 89.0%。贮藏第 1~2 天的样品分布在图的左侧,第 3~4 天的样品分布在图的中部,第 5 天的样品分布在图的右侧。室温贮藏第 1~5 天的样品得到明显区分。FDA 分析方法注重羊奶气味的速率变化(图 3 中各中心间的距离),贮藏第 1~2 天的 FD1 变化很小,说明羊奶的挥发性成分变化很小。贮藏第 2 天到第 3 天 FD1 变化较大,这种变化是因贮藏前期羊奶风味的前体物质(乳糖、蛋白质、脂肪)含量较高,贮藏期间发生一系列降解反应所致。贮藏第 3~4 天 FD1 变化不大,说明降解反应在持续。贮藏第 4~5 天 FD1 和 FD2 均发生较大变化,说明羊奶风味前体物质的降解反应随贮藏时间的延长而加剧,并且新的挥发性成分间的相互作用使 FD2 增大<sup>[9]</sup>。综上所述贮藏时间对室温羊奶挥发性成分的变化影响很大。

表 1 中酸度的单因素方差分析显示,室温下



注:○表示建模集,\*表示预测集。

图 5 室温羊奶贮藏期间 FDA 图

Fig.5 FDA plot of goat milk at ambient temperature

羊奶贮藏第 1~2 天,酸度差异不显著;而贮藏第 2 天与第 3 天,第 3 天与第 4 天,第 4 天与第 5 天有

显著差异。这是由于乳中的微生物,如乳链球菌、乳酸杆菌、大肠杆菌和一些蛋白质分解菌等迅速繁殖,分解乳糖产生乳酸,使乳中的酸性物质不断增多。由表1可以看出,羊奶室温贮藏期间酸度值的变化与电子鼻检测的FDA分析具有较好的一致性。

表1 室温下不同贮藏时间羊奶酸度值的多重比较结果  
Table 1 Multiple comparison of goat milk during storing at ambient temperature

贮藏时间/d	酸度/PT	差异显著性(α=0.05)
1	16.67	a
2	17.00	a
3	45.00	b
4	75.00	c
5	88.67	d

2.3.2 冷藏羊奶 通过图6的FDA线性判别法分析,FD1的贡献率为65.9%,FD2的贡献率为26.1%,总贡献率为92.0%。冷藏第1~3天的羊奶分布在图6的上部,冷藏第4~5天的羊奶在图6的下方。冷藏第1~5天的样品得到明显区分。羊奶贮藏第1~3天的FD2没有明显变化,说明贮藏前期羊奶挥发性物质相似,冷藏条件抑制了前体物质(乳糖、蛋白质、脂肪)的降解反应。贮藏第3~4天FD2发生较大变化,降解反应加速;第4~5天FD2变化较小,羊奶的降解反应趋于稳定,说明不同贮藏时间对冷藏羊奶挥发性成分的变化产生了很大的影响。

由表2冷藏羊奶酸度的单因素方差分析可知,羊奶冷藏第1~3天酸度无显著差异,这是由于鲜乳中抗菌物质的作用和低温条件抑制了微生物生长繁殖。冷藏第3天与第4天酸度有显著差异,这是因为抗菌物质的减少和消失使微生物不断繁殖,分解乳糖产生乳酸,从而使酸度缓慢升高。冷藏条件破坏了微生物的生长条件,使其生长受到抑制,因此酸度维持在较低水平。这与FDA分析结果相符。

2.4 不同贮藏时间的fisher判别

2.4.1 室温羊奶 Fisher判别分析操作时,把建模集125个样本作为Fisher判别的变量输入,数

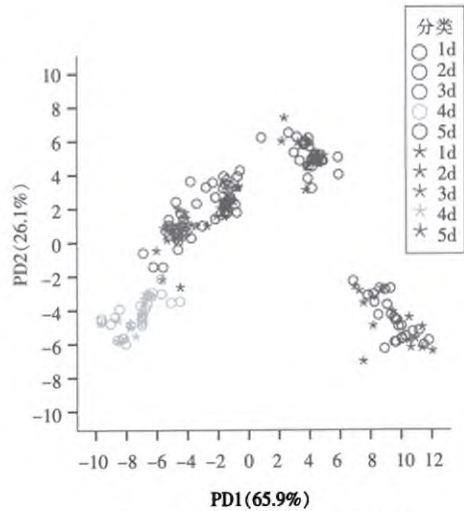


图6 冷藏羊奶贮藏期间FDA图

Fig.6 FDA plot of frozen goat milk

表2 不同贮藏时间冷藏羊奶酸度值的多重比较结果  
Table 2 Multiple comparison of frozen goat milk during storing

贮藏时间/d	酸度/PT	差异显著性(α=0.05)
1	14.33	a
2	15.00	a
3	15.33	a
4	16.67	b
5	17.67	b

字“1”,“2”,“3”,“4”,“5”作为Fisher判别的类别输出,提取了4个维度的典型判别函数。

$$Y_1(x) = 19.706x_1 + 6.434x_2 - 40.367x_3 + 5.637x_4 + 4.029x_5 - 1.489x_6 + 25.942x_7 + 1.987x_8 + 92.546x_9 + 71.164x_{10} - 202.001 \quad (1)$$

$$Y_2(x) = -90.781x_1 - 8.535x_2 + 81.933x_3 + 18.695x_4 + 30.671x_5 + 12.355x_6 + 73.575x_7 - 23.827x_8 - 78.993x_9 + 69.308x_{10} - 92.766 \quad (2)$$

$$Y_3(x) = 27.523x_1 - 1.667x_2 - 74.864x_3 - 22.887x_4 - 47.157x_5 + 17.59x_6 - 31.572x_7 - 19.629x_8 + 247.662x_9 + 118.156x_{10} - 208.367 \quad (3)$$

$$Y_4(x) = -74.772x_1 + 1.839x_2 - 132.624x_3 + 8.276x_4 + 214.495x_5 - 4.986x_6 + 15.181x_7 - 2.036x_8 + 67.803x_9 + 59.317x_{10} - 155.826 \quad (4)$$

上述4个判别函数式计算的是建模样本在各

个维度上的坐标值,用这4个函数式可以计算出各样本具体的空间位置。计算预测样品分别离每一天中心的距离,离哪个类别中心距离最近,则该样本就被判为哪类。从 fisher 判别结果来看,室温羊奶总回判正确率为 98.4%,交叉验证正确率为 97.6,预测正确率为 100%。交叉验证不是仅用这些样本值,交叉验证的每个数据均用所有的分类

函数进行计算验证。对比图 3 室温羊奶 FDA 图(○为建模集,\*为预测集)可知,第 1 天与第 2 天羊奶挥发性物质相似,第 3 天与第 4 天挥发性物质相似。建模集中有 2 个贮藏第 2 天的羊奶被误判为贮藏第 1 天的羊奶,1 个贮藏第 4 天的羊奶被误判为贮藏第 3 天的羊奶,但预测集分类完全正确。

表 3 室温下不同贮藏时间羊奶的 fisher 判别

Table 3 Discrimination of goat milk with different storage time under ambient temperature by FDA

Fisher 线性判别	1 d	2 d	3 d	4 d	5 d	平均正确率/%
自验证正确率	100	92	100	100	96	98.4
交叉验证正确率	100	92	100	96	100	97.6
预测正确率	100	100	100	100	100	100

2.4.2 冷藏羊奶 以建模集 125 个样本作为 Fisher 判别的变量输入,数字“1”,“2”,“3”,“4”,“5”作为 Fisher 判别的类别输出,提取了 4 个维度的典型判别函数。

$$Y_1(x) = 4.3x_1 + 0.04x_2 + 56.268x_3 + 6.648x_4 - 50.49x_5 - 0.109x_6 + 37.997x_7 - 10.726x_8 - 44.477x_9 + 7.306x_{10} - 12.275 \quad (5)$$

$$Y_2(x) = 83.143x_1 + 0.026x_2 - 84.698x_3 + 0.989x_4 + 20.113x_5 + 11.8x_6 - 44x_7 - 30.34x_8 + 41.095x_9 + 28.285x_{10} - 27.715 \quad (6)$$

$$Y_3(x) = 29.286x_1 - 0.011x_2 - 80.516x_3 + 20.039x_4 + 69.219x_5 - 12.239x_6 + 5.327x_7 + 6.115x_8 - 13.562x_9 + 17.304x_{10} - 42.474 \quad (7)$$

$$Y_4(x) = -31.317x_1 - 0.006x_2 + 71.971x_3 - 3.542x_4 -$$

$$53.569x_5 - 1.396x_6 + 3.764x_7 + 15.623x_8 - 3.334x_9 + 12.729x_{10} - 19.175 \quad (8)$$

同样用这 4 个判别函数式计算出建模样本在各个维度上的坐标值,即空间位置。计算出预测样品分别离每一天中心的距离,判别该样本为第几天的羊奶。从 fisher 判别结果来看,冷藏羊奶自验证正确率为 100%,交叉验证正确率为 99.2%,预测正确率为 98.9%。对比图 5 冷藏羊奶 FDA 图(○为建模集,\*为预测集)可知,第 1~5 天的样品区分较明显,因此建模正确率较高。只有 1 个贮藏第 4 天的羊奶被误判为贮藏第 3 天的羊奶,同时 1 个第 2 天的预测样品落入第 4 天的区域,导致预测集错判 1 个。

表 4 不同贮藏时间冷藏羊奶的 fisher 判别

Table 4 Discrimination of frozen goat milk with different storage time by FDA

Fisher 线性判别	1 d	2 d	3 d	4 d	5 d	平均正确率/%
自验证正确率	100	100	100	100	100	100
交叉验证正确率	100	100	100	96	100	99.2
预测正确率	100	93.33	100	100	100	98.9

## 2.5 BP 神经网络

采用电子鼻传感器 60 s 的响应信号(特征值)作为神经网络的输入,利用 LM-BP 算法优化构建一个 4 层 BP 神经网络模型,网络拓扑结构为 10-10-10-5,进行神经网络的训练和预测。不同贮

藏时间的羊奶训练集回判正确率和测试集判断正确率见表 3。训练集回判正确率达到 100%,常温羊奶 LM-BP 神经网络方法的测试集判断正确率为 96.00%,冷藏羊奶测试集正确率为 97.33%。测试集正确率均低于 fisher 线性判别。

表5 羊奶不同贮藏时间的神经网络判别  
Table 5 Discrimination of goat milk with different storage time by BP

贮藏条件	训练集 正确率/%	测试集正确率/%					平均正确率/%
		1 d	2 d	3 d	4 d	5 d	
常温	100	100	87.67	100	93.33	100	96.00
冷藏	100	93.33	93.33	100	100	100	97.33

### 3 结论

1) 采用 PCA 方法可大致区分不同贮藏时间的羊奶。PCA 双标图中常温及冷藏羊奶的空间分布情况与酸度变化具有很好的一致性, 可以将羊奶分为新鲜、次新鲜和腐败三大类;

2) 采用 FDA 方法区分不同贮藏时间的羊奶的效果优于 PCA 方法, 通过该方法可以呈现羊奶贮藏期间挥发性成分明显的变化趋势, 其与酸度的变化规律相符。综合 PCA 及 FDA 分析表明,

电子鼻利用挥发性成分的差异区分室温及冷藏条件下不同贮藏时间的羊奶。

3) 通过 Fisher 线性判别分析, 建立了羊奶贮藏时间的判别模型。该模型性能稳定, 预测常温及冷藏未知样本正确判别率分别达到 98.9% 及 100%, 均高于 BP 神经网络的正确判别率, 从而验证了电子鼻结合 fisher 线性判别应用于羊奶贮藏时间检测的可行性。

### 参 考 文 献

- [1] Tikk K, Haugen J E, Andersan H J, et al. Monitoring of warmed-over flavor in pork using the electronic nose-correlation to sensory attributes and secondary lipid oxidation products[J]. *Meat Science*, 2008, 80(4): 1254-1263.
- [2] Concina I, Falasconi M, Gobbi E, et al. Early detection of microbial contamination in processed tomatoes by electronic nose[J]. *Food Control*, 2009, 20(10): 873-880.
- [3] Balasubramanian S, Panigrahi S, Logue C M, et al. Independent component analysis-processed electronic nose data for predicting *Salmonella typhimurium* populations in contaminated beef [J]. *Food Control*, 2008, 19 (3): 236-246.
- [4] Horvath K, Andrassy E, Korbasz M, et al. Using automatic conductimetry for monitoring spoilage bacteria on chilled pork cutlets [J]. *Acta Alimentaria*, 2007, 36(2): 283-291.
- [5] Barbri N, Llobet E, Bari N, et al. Electronic nose based on metal oxide semiconductor sensors as an alternative technique for the spoilage classification of red meat[J]. *Sensors*, 2008, 8(1): 142-156.
- [6] 孙钟雷. 电子鼻技术在猪肉新鲜度识别中的应用[J]. *肉类研究*, 2008, 2: 50-53.
- [7] Torri L, Sinelli N, Limbo S. Shelf life evaluation of fresh-cut pineapple by using an electronic nose[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2010, 56(3): 239-245.
- [8] 于慧春, 王俊, 张红梅, 等. 龙井茶叶品质的电子鼻检测方法[J]. *农业机械学报*, 2007, 38(7): 103-106.
- [9] Campagnoli A, Dell'orto V, Sanoini, G, et al. Screening cereals quality by electronic nose: the example of myco toxins naturally contaminated maize and durum wheat[J]. *Olfaction and Electronic Nose, Proceedings*, 2009, 1137: 507-510.
- [10] 鲁小利, 海锋, 王俊. 可乐饮料的电子鼻检测研究[J]. *浙江大学学报: 农业与生命科学版*, 2006, 32(6): 677-682.
- [11] Ragazzo-Sanchez JA, Chalier P., Chevalier-Lucia D, et al. Off-flavours detection in alcoholic beverages by electronic nose coupled to GC[J]. *Sensors And Actuators B-Chemical*, 2009, 140(1): 29-34
- [12] Sanarese M, Parisini C, De Marco E, et al. Application of electronic nose to monitor the frying process. A preliminary study[J]. *Rivista Italiana Delle Sostan Grasse*, 2007, 84(1): 33-39.

- [13] Torri L, Piergiovanni L, Caldiroli E. Odour investigation of granular polyolefins for flexible food packaging using a sensory panel and an electronic nose[J]. Food Additives and Contaminants, 2008, 25(4): 490-502.
- [14] 徐颖, 汪璇, 刘小丹, 等. 羊奶的优势与发展前景[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2010, 14: 36-38.
- [15] 陈希镇, 曹慧珍. 判别分析和SPSS的使用[J]. 科学技术与工程, 2008, 8(13): 3567-3574.
- [16] 李琴, 朱科学, 周惠明. 利用电子鼻分析熬制时间对3种食用菌汤风味的影响[J]. 食品科学, 2010, 31(6): 151-155.
- [17] DB61/T425-2008 生鲜羊乳标准[S].
- [18] 沈月新. 食品保鲜贮藏手册[M]. 上海:上海科学技术出版社, 2006: 212.

## Classification of Fresh Goat Milk at Different Storage Temperature Based on Electronic Nose by Fisher

Zhang Hongyan Ding Wu\*

(Department of Food Science and Engineering, Science, Northwest A&F University, Yangling 712100, Shanxi)

**Abstract** The classification of different storage time of fresh goat milk at ambient temperature and refrigerated temperature was detected by an electronic nose. The volatile composition emanating from the goat milk was sampled by PEN3 systems, and the response values of PEN3 was obtained. The data was analyzed using PCA (principal component analysis) and FDA (fisher linear discrimination analysis). The results showed that the classification of fresh goat milk during day1~day5 storing at ambient temperature and refrigerated temperature by FDA were better than PCA, moreover LDA showed variation trend of volatile composition clearly which has a great agreement with acidity of the samples. Prediction rate of samples at ambient and refrigerate temperatures were 100% and 98.9% respectively, which was better than BP neural network.

**Key words** Electronic Nose; goat milk; storing time; fisher; BP



### 科学家研究称时间正在变慢最终将停止

中新网6月18日电 据外媒17日报道,人们普遍认为,随着宇宙的扩张,时间正在变快。然而,根据最新研究显示,时间正在逐渐变慢,并且将最终停止。

据西班牙科学家的研究结果表明,人们被宇宙扩张理论“愚弄了”。事实上,时间正在变慢,最终一切将会停止。就像照片“凝结”住的瞬间一样,届时所有事物都将“冻结”。

不过,人们肉眼无法观察到时间变慢的效果。科学家称,离时间最终停止还有几十亿年,那时地球早已消失,人类也早已消失了。

据悉,已经被广泛接受的宇宙扩张说,是基于承认“反重力”的概念,它亦被称之为“暗能量”。这种能量被认为正在拉开星系之间的距离。