



# PEN3.5 实验室/车载式电子鼻

来自德国的品质，全球最先进的智能传感器



PEN3.5 电子鼻(下) & EDU3 浓缩吸附装置(上)

### 电子鼻的发展

“电子鼻”的概念最早是1982年英国Warwick大学的Persand和Dodd教授模仿哺乳动物嗅觉系统的结构和机理，对几种有机挥发气体进行类别分析时提出来的。此后，随着材料科学、制造工艺、计算机、应用数学等相关科学的发展，经过德法英等国研究人员十几年的努力，电子鼻技术取得了实质性的进展。至今，该技术已初步应用到食品分析、环境检测、军事、海关、化工、医药等领域，并且在各国研究人员的努力下，其研究和应用领域还在不断地扩大。同时越来越多的研究证明，运用电子鼻技术进行气味分析，可以客观、准确、快捷地评价气味及样本，并且具有较好的重复性，这是常规气体分析方法所不及的。

### 电子鼻检测原理

电子鼻的工作原理就是模拟人的嗅觉器官对气味进行感知、分析和判断。电子鼻一般由气体采集流向控制系统、气敏传感器阵列、信号处理子系统和模式识别子系统等四大部分组成，工作时，通过控制器将气味分子采集回来，并流经气敏传感器；气味分子被气敏传感器阵列吸附，产生信号；生成的信号被送到信号处理子系统进行处理和加工；并最终由模式识别子系统对信号处理的结果作出判断。通常情况下，气体采集流向控制系统和气敏传感器阵列被看成是电子鼻的硬件部分，而信号处理子系统和模式识别子系统被看成是电子鼻的软件部分。

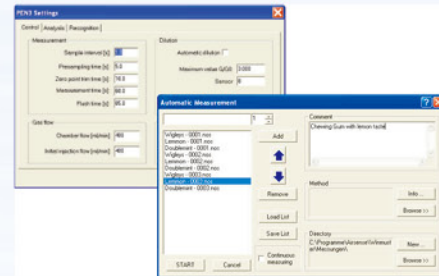


# 德国AIRSENSE公司PEN3.5型电子鼻

德国是最早对电子鼻进行研究的国家，经过不断的努力，德国AIRSENSE公司已从最初的PEN型电子鼻升级到现在的PEN3.5型电子鼻，而PEN3.5型电子鼻构造设计合理、自动控制精密、传感器稳定、选择性好以及分析软件功能强大等特点已得到广大使用者的认可，并在各个行业得到很好的应用。

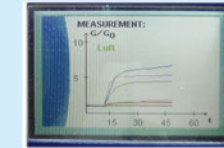
PEN3.5是一种小巧精密、快捷、高效的检测系统。具有多种进样模式，内置自动进样泵系统不接任何自动进样器可直接进行自动进样分析，同时可连接吸附解吸附气体浓缩装置进样，也可接顶空自动进样器进样分析。可在实验室用，也可以在野外和车载使用（支持12V直流电源）。可通过对样品的气味分析，对样品进行区别判定。样品可为液体、粉末、固体或气体，对水果、蔬菜等固体样品，无需对样品进行任何处理和破坏，直接进样分析。利用配套香气成分定性定量分析系统，可以对香气的具体成分和含量进行分析。主机具有液晶屏，可显示试验进程。不接电脑可以单机独立工作，并自动存储检测数据信息。

精密小巧的检测室中含有10个金属氧化物气体传感器。独特的内置流量调节器确保在恶劣的条件下使用稳定。特有的零气生成装置可不接标准气瓶独立操作，方便仪器在野外操作同时可进行背景气扣除。内置气体发生器、传感器校正功能等在需要时都可以使用。可以在实验室检测也可以进行在线过程控制或者开放环境中检测应用等。



## PEN3.5 电子鼻特点

- 小巧精密，快速（传感器反应时间：通常小于1秒），高效（测量循环时间：依据使用情况，通常是1分钟）
- 全球最先进的高灵敏加热型金属氧化物传感器
- 传感器保护装置，使用寿命长
- 内置检测矫正气
- 3个自动技术：自动调整检测范围功能（自动稀释样品功能），自动校正功能，自动浓缩富集功能（可选）
- 主机具有120×70mm宽大的液晶屏，可实时显示试验进程。主机内置存储系统，可自动存储1000组以上实验数据，同时不接电脑可以单机独立工作，并自动存储检测数据信息，提高了设备的野外移动检测能力
- 可选用浓缩富集装置（EDU3）  
 吸附和加热解吸附方法是在实验室采样或者样品前处理过程的一个很好方法，利用这种技术可以吸附混合物，依据目标物和采样时间，可以达到10—1000倍的富集作用。这样使仪器可以获得很低的检测限。另外一个优势是其特殊的采样过程可以依据特定的目的有选择性的捕捉。与特殊气味相关的化合物可以通过特定物质进行吸附富集，而没用的化合物就被忽略了。这个系统也可以独立工作，进行采样、加热解吸附、注射、清洗和自动冷却等。另外它还可以进行采样管的加热解吸附，手动式采样，或通过外置泵进样。  
 详细的技术参数请看后面的吸附解吸附装置（EDU3）介绍。
- 内置的自动采样系统也可外接自动进样器  
 具有多种进样模式，内置自动进样泵系统不接任何自动进样器可直接进行自动进样分析，同时可连接吸附解吸附气体浓缩装置进样，也可接顶空自动进样器进样分析。多样化的进样模式，保证了样品检测的完整性和灵活性。



## 媒体眼中的电子鼻



CCTV1套《生活早参考》对电子鼻的报道



国际空间站中使用的电子鼻



CCTV10套《走近科学》栏目对电子鼻的报道

## PEN3.5电子鼻分析软件

专业的分析软件具有对主机完全的控制功能，同时对数据具有很好的分析功能。含有定量分析预测、聚类分析DFA判别函数分析、PLS偏最小二乘法分析、PCA主成分分析、LDA线性判别分析、LOADING传感器区分贡献率分析、EUCALID欧氏距离、CORRELATION相关性、MAHALANOBIS马氏距离等分析方法，可对进气流量、分析时间、传感器清洗归零时间等参数进行自由设置。

## PEN3.5 电子鼻技术参数

- 传感器技术：加热传感器，工作温度200---500℃，温度控制
- 传感器排列：10个单个紧凑的传感器，具有不同的金属氧化物灵敏度ppb级，可连接吸附浓缩装置ppt级
- 传感器管：体积1.8毫升,温度110℃,不锈钢体
- 传感器反应时间：通常小于1秒
- 测量循环时间：依据使用情况。通常是1分钟，20秒检测，40秒恢复时间
- 开机预热时间：2min
- 样品进样：加热管，特殊的流体连接器
- 进样流量：10ml/min-400ml/min，内置流量控制和采样系统
- 采样系统：2个内置泵（采样和零气）避免手动注射或依赖自动进样器
- 零气：洁净空气，木炭过滤器过滤后的气体或者零气发生器发生的气体
- 显示：主机含宽大液晶显示屏显示试验过程，也可接电脑进行操作显示
- 计算机接口：USB接口或者RS232接口（选择）
- 电信号接口：TTL和数字信号接口，可同其他外置的装置进行数据沟通。
- 操作温度：通常0-45℃
- 操作湿度：相对湿度5%-95%，无冷凝
- 电源：最大30W，110/230V，可选择12VDC
- 重量：2.1千克，尺寸：255X190X92mm
- 软件：WINDOWS操作分析控制软件，适合所有的WINDOWS系统。
- 安全级别：EN292 Part1 & 2, EN294, EN61010-1, EN1050, EN60204-1, EN 55011 G1 CB, EN50270, EN61326

## PEN3.5 电子鼻应用方向

电子鼻得到的信息代表了样品中全部挥发物的总体分布，而不是常规仪器的分析测得的某种或某几种具体组成的含量。这些信息作为样品的特征“指纹”，可用于鉴别产品的真伪、原料质量是否合格、生产工艺流程运行是否正常。它可以广泛用于工业生产的各个部门，如食品工业、烟草业、化妆品、石油化工、粮食贮存与加工、酒类和饮料、环保监测、临床诊断等。此外，电子鼻还用于商检、微生物的鉴别、药物的分类与判别、宇航等部门。

**食品加工：**食品生产中添加剂的种类和用量分析，工业清洗过程的检测（清洗的洁净度的检测，污染产品的检测，特殊污染物组分分析等），发酵过程控制，天然气体中人造气体的量、种类分析，食品工业中包装物的生产过程中污染度的监控和污染物的分析，油榨或烧烤的过程控制，油脂的恶臭分析，食品的新鲜度分析，包装物的外散气体检测，聚合物的溶剂残留物分析，风味的退化程度分析等。

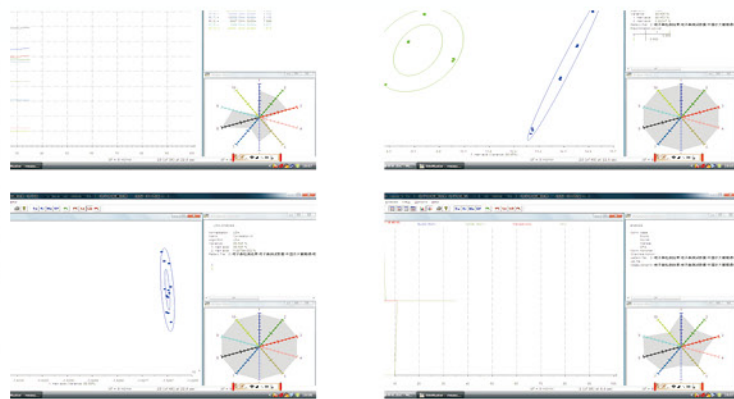
**果蔬：**果蔬的新鲜度、成熟度、成长期分析，果蔬的种类、储藏时间、储存方法、产地对品质的影响等方面的研究，果蔬生长状况研究与分析（活体无损分析），果蔬育种、栽培方法、采摘期限、农药残留、肥料成份配比等的研究。

**粮食：**粮食的储藏时间、变质程度研究，粮食种类、品质、农药残留等研究，粮食育种研究等。

**肉制品：**肉制品的种类、新鲜度、含水量的研究与分析，肉制品的加工工艺、包装方式、储藏方法对肉制品品质的影响的研究，肉制品中添加剂的使用、添加剂的种类对肉制品风味的影响等方面的研究等。

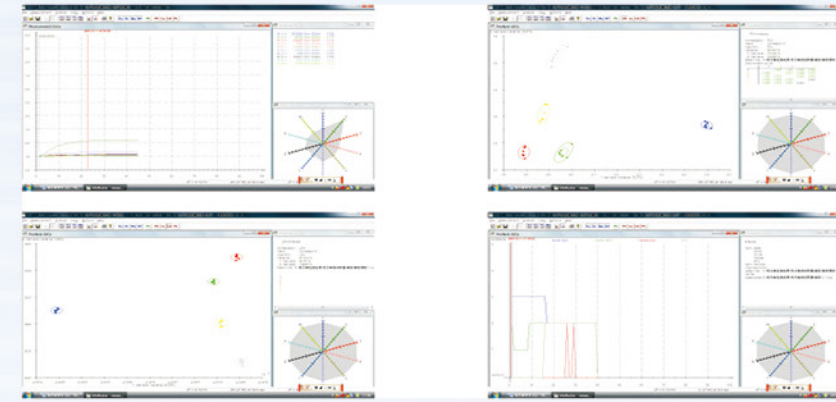
**奶制品：**原奶的种类、质量、新鲜度、芳香类型、是否掺假、产地辨别等研究；成品奶制品种类、品质差别、存放时间、生产工艺、包装对品质的影响等方面的研究应用等。

**饮料：**通过气味对红酒、黄酒、白酒等酒产品以及饮料产品的种类、加工工艺（酿制方式）、储藏方式、储藏年限、原料的差别、是否掺假等方面对酒和饮料产生的影响进行分析研究。PEN3.5电子鼻接EDU3吸附解吸装置可有效避免酒精、水蒸汽、CO2等小分子对分析结果的影响，同时有效浓缩大分子成分，大大提高了分析的区分性、准确性和检测下限。



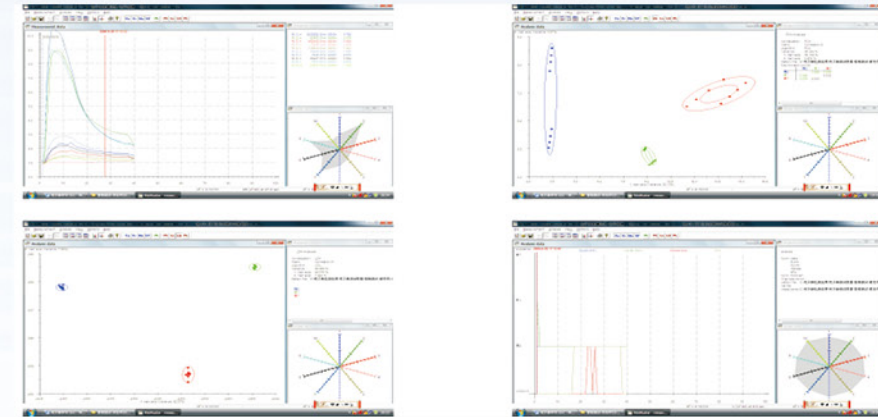
**水产品：**对水产品的种类、新鲜度、储存方法、加工方法等方面的无损研究与分析。

**蜂产品：**蜂产品品种、品质的分析，不同蜂种、不同地域、不同气候条件、不同花采出的蜂蜜的鉴别与研究；蜂产品的种类差别及掺假的鉴别与研究等。

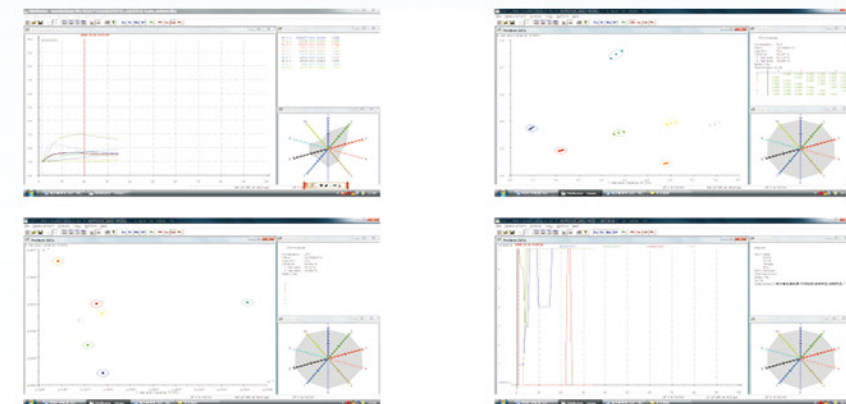


**精细化工：**对香精香料、化妆品生产过程中的质量控制、种类区分、香型选择、生产工艺等方面的分析研究。

**烟草行业：**成品烟和烟丝燃烧的烟气检测，通过烟叶散发的气味对烟叶的品级、品种、产地、生长期等的区分，各种烟草产品的种类、级别、加工工艺的判定，烟草行业用的香精香料种类和品质等方面的研究等。



**医药：**通过对中药产品的气味分析，对中药产品的种类、烘焙方法、炒制程度、掺假程度等方面进行课题研究



**医疗诊断：**研究表明：患有疾病的人所呼出的气体中会出现某些特定成分，如肝硬化患者的呼气中会出现脂肪酸，肾衰竭者的呼气中有三甲氨，肝癌患者的呼气中会存在烷类和苯的衍生物等，用电子鼻直接检测患者呼出的气体是非常快捷有效的检测方法。目前临床上已有用电子鼻监测重症糖尿病患者病情的报道。

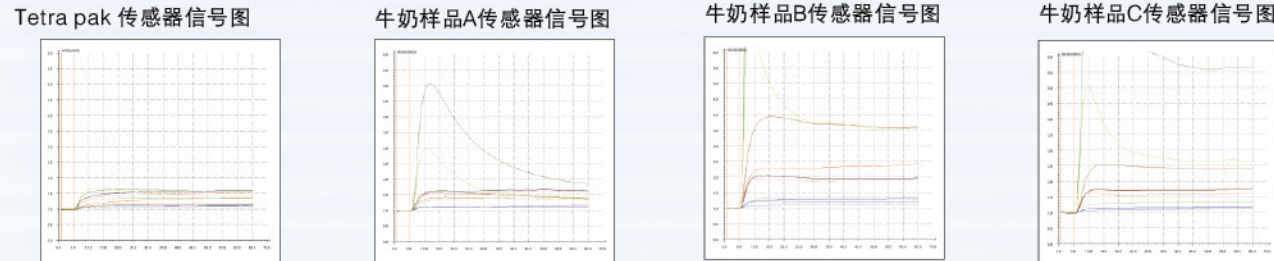
**环境监测：**通过废水纯化过程的气味判别纯化的程度，并可通过事先对各种污染物的训练进行判别分析纯化后的水中含有的污染物成分，通过对肥料气味的检测分析对肥料中的成分进行区分，对不同肥料的差别进行鉴别，与恶臭污染的嗅觉测试法建立相关性，对污水处理厂和垃圾填埋场的恶臭气体进行在线实时监控，对突发性恶臭污染事故进行现场快速分析、评估危害程度、划定污染界限，对生物方法过滤污水过程进行监控和评价，天然气泄漏分析，大气中有机气体的分析，工业企业挥发性气体的管理等。

# 应用实例

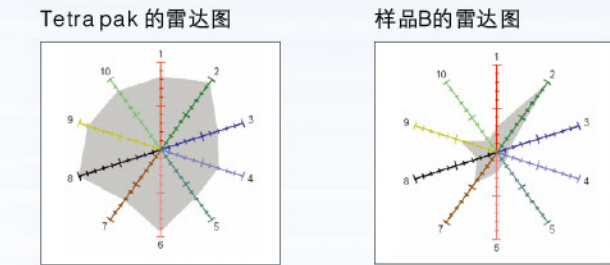
## 牛奶的鉴别

实验条件：用PEN3系统在室温自然条件下，直接从样品瓶采样进行分析，样品未经过任何前处理；样品分别为Tetra pak、A、B、C。实验结果图如下：

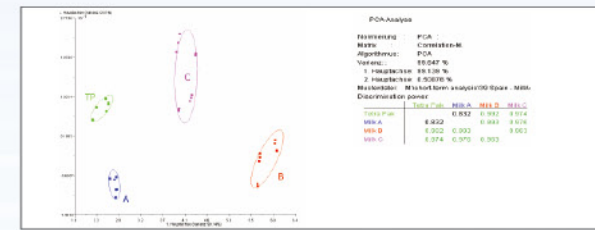
### 1. 原始的传感器信号图



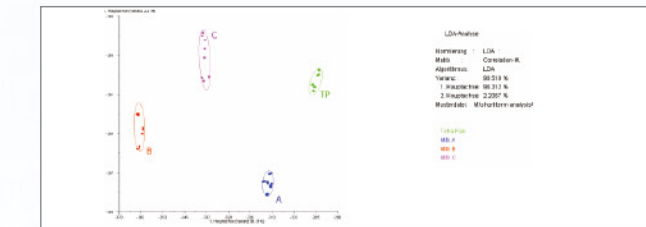
### 2. 检测过程60秒时的雷达图



### 3. 采用PCA主成分分析方法的分析结果图



### 4. 采用LDA线性判别分析方法的分析结果图



结论：在常规的实验环境条件下，PEN3对以上四种牛奶样品具有非常好的区分性，以上试验结果经过处理可存储为模板文件，可对未知的样品进行快速定性分析。

## 不同产地草莓样品的分析研究

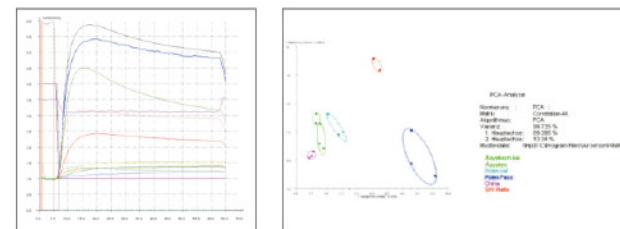
实验条件：新鲜的样品放入40ml的样品瓶，在室温下顶空进样方式直接用PEN电子鼻进行分析。

样品共24个（每种4个），具体如下：

序号	产地	注释	感官评审级别
1	Egypt Kal	Reference	Middle 中级
2	Egypt		Middle to weak 中级偏差
3	PolnischKal	Reference	Good 好
4	Polnisch		Very Good aroma 优等
5	Chinesisch		Poor aroma 缺乏芳香
6	Schwartau		Very good aroma 非常芳香

### 实验结果图举例

样品Egypt Kal的原始检测信号图  
PCA主成分分析模式的分析结果图



结论：PEN电子鼻对不同产地的草莓具有很好的区分鉴别，同时可以看到质量差的样品会集中在坐标轴的左侧，而香气成分丰富的样品会靠近坐标轴的右侧。

## 茶叶品质分析



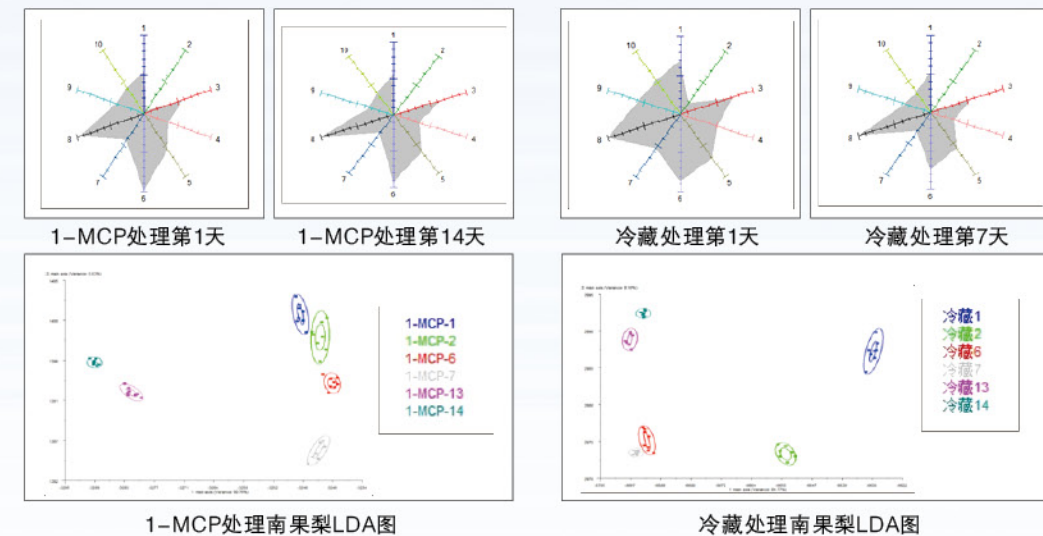
不同年限茶叶的干样品和湿样品的PCA主成份分析图

从图中我们可以看出，干样品和湿样品具有明显不同的气味特征。能被电子鼻明显区分开，左侧是干样品直接检测，右侧是浸泡预处理后检测。他们之间具有良好的区分效果。

不同年限茶叶的Loading传感器区分贡献率分析图

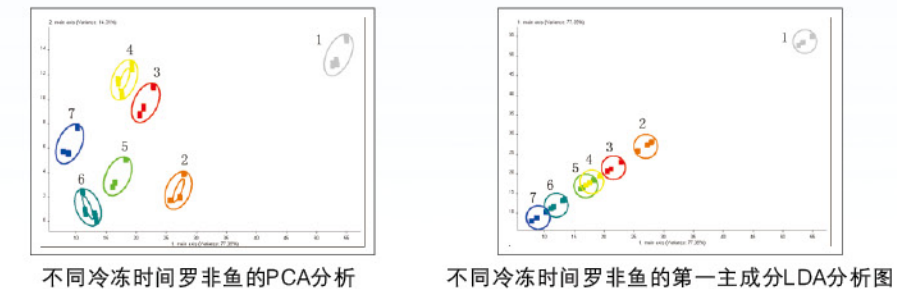
从不同年限茶叶的Loading传感器贡献率分析图，可以看出，2号传感器（氮氧化物）对第一主成分区分贡献率最大，1、3号传感器（芳香苯类、氮类）对第二主成分区分贡献率最大。

## 不同保鲜方式的南果梨香气变化分析



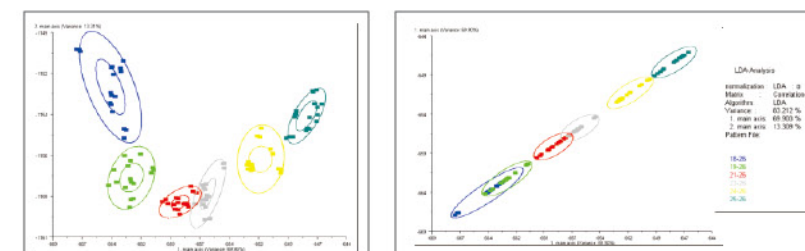
研究南果梨在采后经过1-MCP处理和冷藏处理对其香气的影响，结果表明，电子鼻对采后经过1-MCP处理和冷藏处理的南果梨的香气变化灵敏，可以完全区分；经过1-MCP处理比冷藏处理的南果梨推迟了7天成熟。

## 冷冻罗非鱼的新鲜度分析



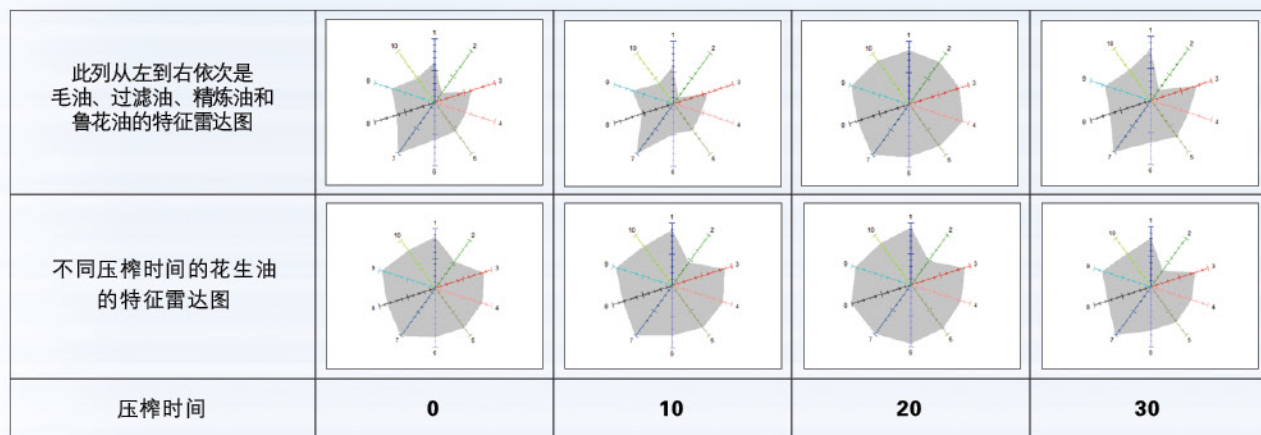
可以看出，1号至7号样品随着冷冻时间的延长，呈现一定的线性趋势。

## 粽子货架期的分析

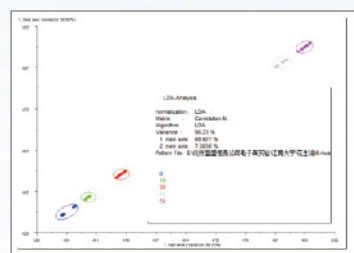


“18-26”为18号样品26号进行测试，即存放8天的样品，依此类推。用LDA分析能够看出一定趋势，样品从25号到23号第一主成分递减，第二主成分也递减，即存放1~3天的样品气味逐步变化，当变到23号时气味有一定停顿，即存放3天到5天的样品气味变化不大。21号之前的样品又会出现一种较大的变化，第一主成分递减的同时第二主成分递增。

## 花生油的压榨时间判别

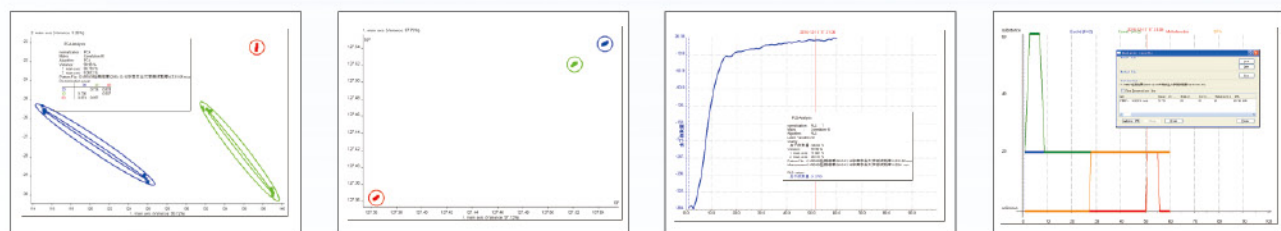


以上为不同样品在某一特定时刻的特征雷达图，形状和面积各不相同，表明电子鼻对花生油的芳香成分有明显的响应，并且每一个传感器对花生油的响应各不相同。同时从上图可以看出压榨30min的花生油与鲁花花生油似乎较为接近。



不同压榨时间的花生油第一主成分LDA分析图  
从左到右随压榨时间的不同第一主成分呈现线性变化，30-40min正好是压榨时间的突变点，在图中也能明显看出。

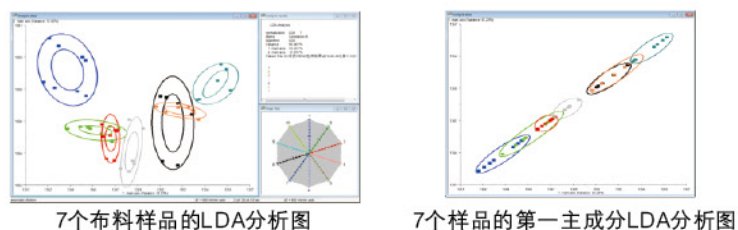
## 水稻病虫害预测



不同数量虫子的PCA分析图    不同数量虫子的LDA分析图    虫子数量的PLS定量预测    欧氏距离、马氏距离、相关性判定、DFA分析对未知样品的判定

分别取20头、40头、60头三组不同数量的虫子放在同样的试管中，静置5分钟后，进行电子鼻采样分析。根据我们建立的不同数量虫子的模板文件，对未知的样品进行定量预测。由PLS图可以看出，PLS值为21.27，与真实结果吻合。说明，偏最小二乘PLS定量预测分析，在植物虫害程度分析中具有可靠性。通过欧氏距离、马氏距离、相关性判定、DFA分析判断未知样品，判断结果为20，结果完全正确。

## 分析同浓度不同添加量的三甲胺水处理的布料



7个布料样品的LDA分析图    7个样品的第一主成分LDA分析图

由前两图可以明显看出，1-7号不同浓度样品的第一主成分线性关系明显，呈现明显的递增趋势。1号样品浓度为千万分之一级别，低于ppm级，浓度如此低的条件下，PEN3电子鼻也能做出线性关系的趋势线，可见PEN3电子鼻的灵敏度足够高，能够达到ppm以下的级别。

## PEN3电子鼻与嗅觉检测法在环境恶臭污染评价中的对比试验

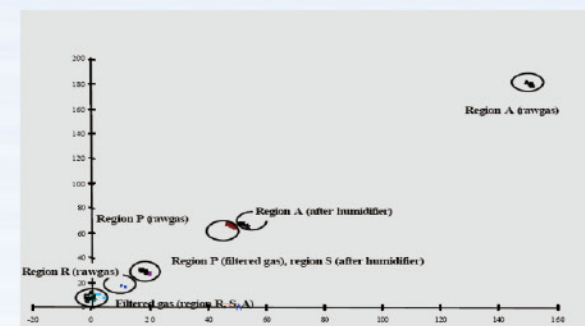


图1

从图1可以看出，电子鼻能清楚的将三个区域的臭味分开。图2、图3、图4和图5是将电子鼻对三个区域的检测结果对嗅觉员的检测结果作相关性曲线。

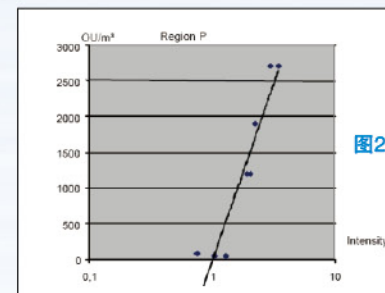


图2

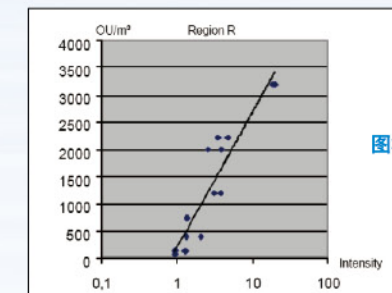


图3

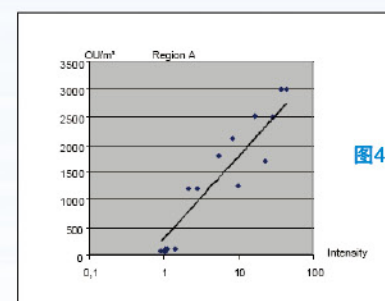


图4

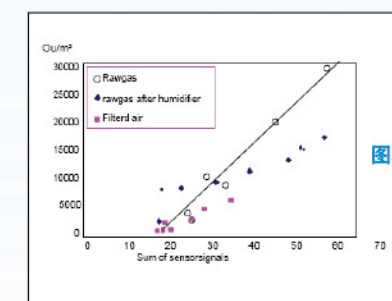


图5

## AIRSENSE公司其它相关产品：



μTDI工业在线电子鼻



KEG-C工业在线电子鼻



I-PEN工业在线电子鼻



Sampling Kit 多功能便携式样品采集箱



GDA2在线工业有害气体及化学战剂监测系统



GDA2型便携式工业有害气体及化学战剂检测系统

# EDU3 吸附浓缩和热解吸附装置

广泛适用的全自动吸附浓缩采样和解吸附装置

吸附和加热解吸附方法是实验室采样或者样品前处理过程的一个很好方法，利用这种技术可以吸附混合物，依据目标物和采样时间，可以达到10-1000倍的富集浓缩作用。这样使仪器可以获得很低的检测限。

另外一个优势是其特殊的采样过程可以依据特定的目的有选择性的捕捉。与特殊气味相关的化合物可以通过特定物质进行吸附富集，而没用的化合物就被忽略了。分析含酒精的饮料可以忽略酒精浓度对其检测的影响。它的检测和人的嗅觉有很好的相关性。因此，可以很灵敏的检测需要检测的物质。

这个系统可以独立工作，进行采样、加热解吸附、注射、清洗和自动冷却等。另外它可以进行采样管的加热解吸附，手动式采样，或通过外置泵进样。

由于具有良好的内部流量路径控制，仪器适合各种采样系统和检测系统。可以在线取样，也可以结合采样器使用，还可以和PEN3电子鼻、气相色谱仪、质谱仪等联用。



EDU3接气相色谱仪

## 特点

- 提高了选择性
- 降低了检测下限
- 从采样到加热解吸附自动循环
- 吸附管很容易更换
- 利用软件可以程序采集
- 可独立使用

## 技术参数

- 吸附剂：提供不同的吸附物质，通常为TENAX TA 125克，或者TENAX/木炭的混合物100/50毫克
- 样品流量：0.2-0.5L/min，程序控制调节
- 样品温度：可调，一般为30°C，最大为100°C
- 解吸附流量：可调，50ml/min-500ml/min
- 解吸附温度：可调，高于250°C，清洗期间会更高
- 样品进样：加热管，温度超过150°C，特殊的流体和电路连接器
- 采样系统：一个内置泵，内置多通阀，可加热
- 循环时间：一般为6分钟，全部循环过程包括取样、解吸附、注射、清洗和冷却（200°C解吸附温度）
- 显示：主机含宽大屏幕显示实验过程，也可接电脑进行操作显示
- 电路界面：TTL/RELAY，连接部件
- 计算机接口：RS232接口或USB接口
- 电源：110-230V或者12VDC（可选）
- 功率：最大80W
- 重量：2.3 千克
- 尺寸：235×190×90 mm
- 操作温度：一般为0-45°C
- 操作湿度：相对湿度5%-95%，没有冷凝
- 操作系统：Windows操作软件，输入参数，系统全自动控制
- 安全级别：EN292 Part1 & 2, EN294, EN61010-1, EN1050, EN60204-1, EN 55011 G1 CB, EN50270, EN61326

# 应用举例

## 食品方面

1. 食品腐臭分析
2. 糖蜜种类和芳香特性的分析
3. 肉品新鲜度分析
4. 水果蔬菜新鲜度芳香种类的分析
5. 酸奶和酸奶辅料的鉴定分析
6. 牛奶新鲜度分析
7. 果汁等不含酒精的饮料的区分判定
8. 酒精饮料香气的区别分析
9. 谷物生长分析
10. 咖啡及相关产品的香气分析
11. 烟草质量及香气分析
12. 其它食品香气的分析

## 环境及安全

1. 废水处理：生物过滤的管理，嗅敏度方法确定气味相关性
2. 种植施肥：挥发气体的管理，区域质量的鉴定
3. 大气中有机气体的分析
4. 人造香味的鉴定
5. 天然气的泄漏分析控制
6. 其它相关分析

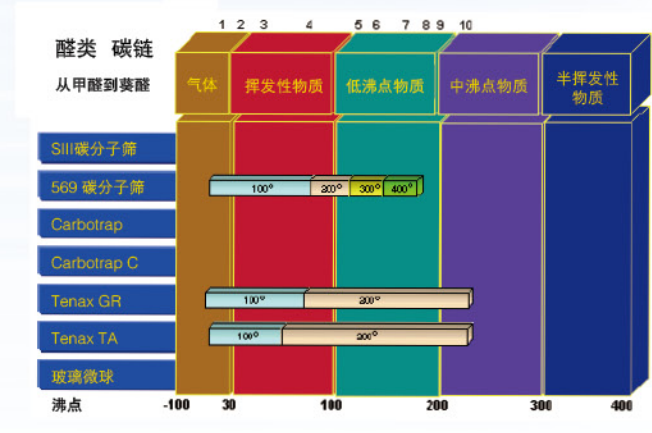
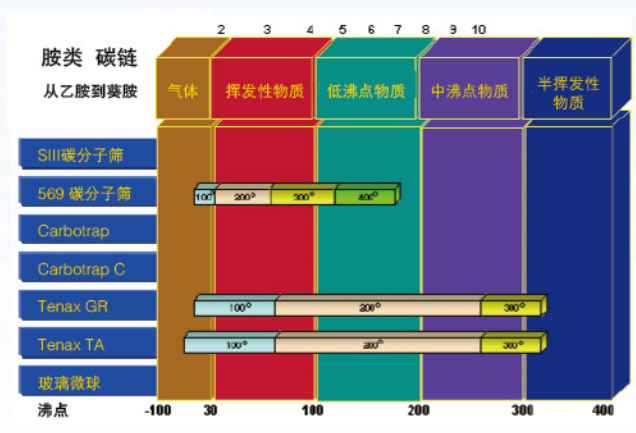
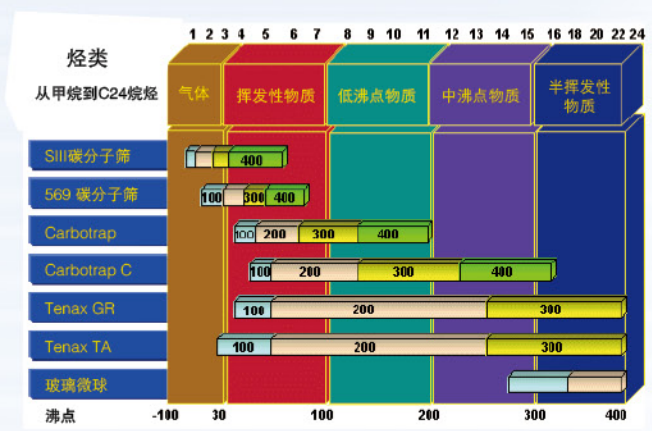
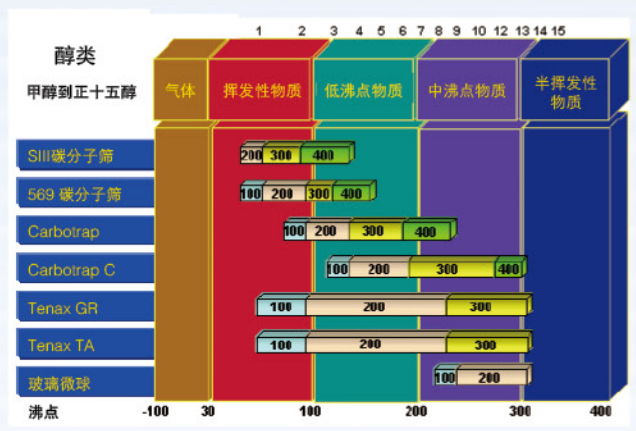
## 原料

1. 饮料原料的香味分析
2. 检测包装材料挥发的的气味
3. 工业包装材料挥发的聚合物的
4. 香气的级别区分及质量研究
5. 其它材料气味分析

## 医药

1. 在琼脂板上鉴定细菌
2. 药品的人造香味分析
3. 发酵过程的控制
4. 药品气味分析
5. 其它相关分析

# EDU3吸附管材料的性质特征



# EDU3吸附管材料的选择

货号	名称	说明	适用范围
100275	Tenax TA吸附管	Tenax TA (50/100mg) 孔距 20/35	宽泛，气体、中低沸点的挥发性气体等
100612	Tenax GR吸附管	Tenax GR (50/100mg) 孔距 20/35	宽泛，气体、中低沸点的挥发性气体等
100276	复合吸附管	Tenax TA 100mg / 活性炭50mg	宽泛，气体、中低沸点的挥发性气体等
100027	AC吸附管	活性炭2层100/300mg	宽泛，气体、中低沸点的挥发性气体等
100613	569碳分子筛吸附管	569碳分子筛 (50/100mg) 孔距 20/45	气体和低沸点的挥发性气体，解析温度较高
100614	SiII碳分子筛吸附管	SiII碳分子筛 (50/100mg) 孔距 60/80	针对烃类和醇类有效，低沸点挥发性气体，解析温度较高
100615	Carbotrap吸附管	Carbotrap (50/100mg) 孔距 20/45	针对烃类和醇类有效，低沸点挥发性气体，解析温度较高
100616	硅胶吸附管	硅胶 (50/100ng) 孔距20/45	针对CO、CO <sub>2</sub> 等小分子气体及一些挥发性碳氢化合物气体

## 2015年以来PEN3.5电子鼻发表论文举例：

序号	论文题目	发表刊物
1.	聚赖氨酸复配丙酸钙对樱桃萝卜低温贮藏期品质及风味物质的影响	食品科技
2.	1-MCP处理对海棠果常温货架品质和风味的影响	保鲜与加工
3.	甲基环丙烯联合气调包装处理对沙拉品质的影响	农产品加工
4.	8种植物油气味指纹模型的建立	油脂安全
5.	HS_SPME_GC_MS结合智鼻对不同产地苦荞茶香气成分分析与鉴别	分析与检测
6.	包装形式对鸡肉沙拉品质的影响	食品科技
7.	保鲜方式对冷鲜猪肉挥发性风味物质的影响	肉类研究
8.	不同包装材料对鲜切黄瓜品质的影响	食品工业
9.	不同饲养方式的部位肉制作的哈萨克风干牛肉挥发性风味成分差异分析	食品科学
10.	不同透性包装材料对鲜切大葱品质的影响	食品研究与开发
11.	茶多酚_甘草提取物_VE和鼠尾草对羊肉乳化香肠品质的影响	食品科学
12.	超高压处理对中华管鞭虾虾肉风味的影响	食品科学
13.	川味香肠调料配方的优化及风味分析	食品工业科技
14.	纯种发酵对鲜湿米粉品质的影响	食品科学
15.	电子鼻_主成分分析_线性回归拟合法检测江平虾冷藏过程中的新鲜度	肉类研究
16.	电子鼻对不同年份赤霞珠葡萄酒香气的检测分析 nose technique	食品工业
17.	电子鼻对不同品牌食醋的识别	食品工业科技
18.	电子鼻和电子舌快速检测炖制下牛肉的品质	食品研究与开发
19.	电子鼻技术在芝麻油品牌识别及掺假鉴别中的应用	分析与检测
20.	电子鼻结合化学计量法对羊奶中蛋白质掺假的识别	食品科学
21.	电子鼻结合气相色谱_质谱法对宁夏小尾寒羊肉中鸭肉掺假的快速检测	食品科学
22.	电子鼻在掺假牛肉馅识别中的应用	食品工业科技
23.	电子鼻在六堡茶陈化年份识别中的应用	南方农业学报
24.	电子鼻在秋刀鱼鲜度评定中的应用	现代食品科技
25.	电子束辐照前处理对梅鱼鱼糜凝胶挥发性成分的影响	农业机械学报
26.	发色剂对传统腊肉色泽及风味品质的影响	食品科学
27.	福鼎白茶风味的电子鼻和电子舌评价	食品工业科技
28.	富硒酵母添加量对延边黄牛肉风味特性的影响	食品与机械
29.	高密度二氧化碳处理压力对苹果浆品质的影响	食品科技
30.	还原糖和氨基酸体系制备牛肉香精的优化研究	中国调味品
31.	基于电子鼻分析的碳酸饮料识别判定技术研究	食品与发酵工业
32.	基于电子鼻和GC_MS的不同品牌橄榄油挥发性风味物质研究	食品工业科技
33.	基于电子鼻和GC_MS对不同品种玫瑰“活体”香气的研究	香料香精化妆品
34.	基于电子鼻和气_质联用仪解析长街缙蛭原种指纹性挥发性物质	中国食品学报
35.	基于电子鼻技术的农药鉴别研究	
36.	基于电子鼻技术的秋刀鱼新鲜度评价	肉类研究
37.	基于电子鼻技术对调味品中非法添加罂粟壳的检测	现代食品

38.	基于电子鼻技术对云南普洱熟茶的香气品质判别	西南农业学报
39.	基于电子鼻技术区分不同产地的南五味子	中国实验方剂学杂志
40.	基于仿生嗅觉技术的不同产地积壳鉴别研究	中草药
41.	基于机器嗅觉的柑橘品种无损检测与识别	江西农业大学学报
42.	基于物联网的生鲜瓜果电商与超市融合	江苏农业科学
43.	加工温度对鳗鲡挥发性成分影响的研究	食品工业科技
44.	降胆固醇植物乳杆菌14菌在酸奶中的应用	中国乳品工业
45.	解冻方式对三疣梭子蟹感官特征和理化指标的影响	食品安全质量检测学报
46.	金枪鱼油冬化前后脂肪酸含量和主体风味的解析	核农学报
47.	烤制温度对沙丁鱼块挥发性风味物质的影响	中国食品学报
48.	六种气调条件包装处理的酱牛肉在不同储藏温度下保鲜效果的研究	肉类工业
49.	卤鹅食用品质理化指标的主成分分析	食品工业
50.	毛酸浆冻果果酒的制备及其发酵过程中的气味监测	食品工业科技
51.	迷迭香和绿茶提取物对25度贮藏茄香酱汁品质的影响	食品工业科技
52.	膨大剂处理对六种猕猴桃采收和软熟时品质的影响	现代食品科技
53.	气调包装对预制蔬菜沙拉品质的影响	食品科技
54.	气味信号主成分分析的欧式距离分类识别	电子设计工程
55.	浅析纺织品异味检测现状与发展	纤检测原地
56.	清酱肉加工过程中理化特性及风味品质的变化分析	肉类研究
57.	秋刀鱼热加工后挥发性风味成分变化的分析	肉类研究
58.	全蛋液脱腥工艺及其效果评价	中国食品学报
59.	热处理方式对方格星虫和革囊星虫风味的影响	轻工科技
60.	杀菌温度对清酱肉色泽和风味品质的影响	肉类研究
61.	食源性单增李斯特菌检测技术研究进展	中国动物检疫
62.	无损检测技术在食品安全快速筛查中的应用	食品安全质量检测学报
63.	杏鲍菇残渣膳食纤维在酥性饼干中的应用	食品工业科技
64.	压榨和精炼核桃油挥发性成分的比较及其电子鼻判别	中国油脂
65.	乙酯型金枪鱼油不同级分子蒸馏过程中脂肪酸含量及挥发性物质变化	食品科学
66.	油浸鳀鱼罐头贮藏过程中挥发性成分的变化规律研究	食品工业科技
67.	余甘子清除口臭作用的电子鼻评价方法研究	食品与生物技术学报
68.	鱼糜和马铃薯粉对饼干质构和风味的影响	食品科学
69.	正交试验优选脉冲电场提高晒青茶醇类香气的参数研究	食品科学
70.	植物乳杆菌发酵对金枪鱼碎肉酶解液挥发性物质的影响	食品工业科技
71.	自发气调包装对辣椒贮藏品质的影响	食品工业科技
72.	1-MCP常温不同处理时间苹果的电子鼻判别分析	北方园艺
73.	1-MCP处理对甜柿贮藏品质的影响和电子鼻分析	食品工业科技
74.	不同温度对货架期樱桃挥发性物质变化的影响	食品工业科技
75.	臭氧氧化、涂膜及其结合法清除榴莲果肉表面臭味	食品科学
76.	电子鼻测定榴莲果肉臭味气体的模型建立及应用	食品工业科技
77.	电子鼻对不同贮藏/货架期甜柿判别分析	食品与生物技术学报

78.	电子鼻结合GC_MS检测玫瑰香葡萄贮藏后货架期内挥发性物质的变化	现代食品科技
79.	基于电子鼻的果园荔枝成熟阶段监测	农业工程学报
80.	基于电子鼻的苹果低温贮藏时间及品质预测	西北农林科技大学学报
81.	基于电子鼻技术的不同采收期“嘎拉”苹果气味变化分析	中国园艺文摘
82.	基于电子鼻技术研究保鲜方法对鲜切菠萝贮藏品质的影响	食品工业科技
83.	基于电子鼻判别富士苹果货架期的研究	食品工业科技
84.	基于高光谱与电子鼻融合的番石榴机械损伤识别方法	农业机械学报
85.	李新品种“金红”不同采收期果实品质及香气成分分析	江西农业学报
86.	气质联用与电子鼻对不同包装货架期线椒检测分析	食品工业科技
87.	热处理对西番莲果浆品质的影响研究	食品科技
88.	CO <sub>2</sub> 超临界萃取技术对金枪鱼油挥发性成分的分析	中国粮油学报
89.	Maillard反应对紫贻贝酶解液风味的影响	中国食品学报
90.	白鲢鱼片在0度贮藏条件下鲜度和品质的变化	食品科学
91.	不同干燥方法对牡蛎干品质及气味的影响	食品科技
92.	草鱼肌肉风味变化与品质间的关联	食品科学
93.	电子鼻技术研究臭氧水处理对罗非鱼鱼片的新鲜度的影响	食品科学
94.	顶空固相微萃取-气质联用技术结合电子鼻分析4℃冷藏过程中三文鱼片挥发性成分的变化	现代食品科技
95.	风味香糟鱿鱼低盐发酵加工工艺研究	食品工业科技
96.	海藻胶低聚寡糖对秘鲁鱿鱼(Peru squid)鱼糜品质特性的影响研究	海洋与湖沼
97.	基于电子鼻的冷藏大菱鲆品质变化研究	食品与发酵工业
98.	基于电子鼻技术的鱼露与鱼酸酱油的品质分析	渔业科学进展
99.	金线鱼鱼丸冷藏过程中品质变化规律研究	水产科学
100.	静态流化冰对鱿鱼保鲜效果的影响	现代食品科技
101.	利用传统酒酿发酵改善鳕鱼风味	中国食品学报
102.	秘鲁鱿鱼丝在加工过程中挥发性风味物质的变化规律	食品工业科技
103.	植物乳杆菌发酵草鱼肉挥发性成分的变化规律	食品科学
104.	不同发酵剂对北方风干香肠色泽和风味品质的改良作用	食品科学
105.	不同冷却方式对熟制春卷品质的影响	食品与发酵工业
106.	不同品种鸡肉蒸煮挥发性风味成分比较研究	现代食品科技
107.	不同气调包装结合冰温贮藏对羊肉保鲜效果的影响	食品科学
108.	不同温度下气调包装对酱牛肉保鲜效果的影响	河南农业大学学报
109.	初始pH值对鸡骨素酶解液Maillard反应产物的影响	核农学报
110.	大豆分离蛋白对速冻肉饼理化和质构特性的影响	食品科学
111.	电子鼻对不同饲料配方饲喂后羊肉风味的评价	现代农业科技
112.	冷却方式对熟制鸡肉丸品质的影响	食品工业
113.	不同加热条件下牛乳美拉德反应程度的研究	现代食品科技
114.	采用电子鼻检测羊奶中的牛奶掺入	食品与发酵工业
115.	电子鼻对红枣乳酸发酵饮料的品质分析	西北农业学报
116.	电子鼻对山羊奶中致瘤游离脂肪酸的识别研究	中国乳品工业
117.	基于电子鼻技术监测羊奶发酵前后不同阶段风味的变化	食品工业科技

118.	响应面法优化脉冲强光对巴氏奶霉菌的灭菌工艺	食品工业科技
119.	紫薯酸奶中挥发性物质分析	食品研究与开发
120.	不同热处理燕麦片风味物质分析	现代食品科技
121.	不同压力处理大米制得米饭冷藏期间风味变化的电子鼻分析	食品工业科技
122.	豆渣面包质构及风味评价	包装与食品机械
123.	发酵剂发酵、自然发酵与未发酵黑米煎饼的风味物质分析	食品与发酵工业
124.	复合生物保鲜剂对鲜食玉米贮藏品质的影响	食品科学
125.	两种大豆同名品种鉴别方法的对比研究	大豆科学
126.	贮藏期间干豆腐微生物指标和感官品质的变化	食品工业
127.	电子鼻法鉴别食用植物油与地沟油的研究	中国卫生检验杂志
128.	冷却对熟粽子品质的影响	中国食品学报
129.	不同装烟方式烤后烟感官评价与电子鼻综合分析	江苏农业科学
130.	电子鼻技术在朗姆酒分类及原酒识别中的应用研究	中国酿造
131.	基于扩散映射和LDA的辛味中药材鉴别研究	计算机技术与发展
132.	提高食醋电子鼻识别率方法的研究	中国酿造
133.	一种基于电子鼻的辛味中药材的分类鉴别方法研究	广东工业大学学报
134.	混合气体识别的响应等效性与瞬态信号正交分解模型	国防科技大学学报

据不完全统计，近年来PEN系列电子鼻发表论文数量每年迅速增长

