

AI除了“看”还能“闻”？科学家研发仿生“电子鼻”，30秒识别食品新鲜度，内嵌CNN算法

麻省理工科技评论 14小时前



科学



人眼可以区分数百万种颜色，人耳可以听出 50 万种音调，而与人类的嗅觉能力相比，这都有些逊色。

人眼可以区分数百万种颜色，人耳可以听出 50 万种音调，而与人类的嗅觉能力相比，这都有些逊色。

早在 2014 年，科学家发现，人鼻可以区分 1 万亿种气味。对于视觉系统，科学家开发出了机器视觉；

对于听觉系统，科学家研发了语音识别。那是否存在一种可能性，制造一套人工嗅觉系统呢？

新加坡南洋理工大学（NTU）的研究人员通过模仿哺乳动物的嗅觉系统，发明了人工“电子鼻”，可准确

评估肉类的新鲜度。实验数据显示，“电子鼻”检测准确率高达至 98.5%，而传统检测方法只有 61.7%。

该研究成果由 NTU 联合中国江南大学以及澳大利亚莫纳什大学共同完成，并于 10 月发表在科学杂志

《先进材料》上。

真正实现快速、准确、无损检测

食物中毒几乎是人人都有过的经历。因为食用了被污染的食物，患者往往会上吐下泻。其致病机理是食物中的细菌或者病毒进入人体肠道后大量繁殖，导致肠道感染。食品安全至关重要，其中关键的一环，就是保证食材的新鲜度，即准确对其新鲜度进行评估。

“准确”并不意味着严格，而是适中。消费者因为怀疑存储在冰箱内的肉类变质而丢弃，会造成大量浪费；另一方面，在不知情的情况下食用变质食物则有害健康。“人工鼻”项目负责人，NTU 材料科学和工程学院陈晓东教授对 DeepTech 介绍了当前主流肉类检测方法的弊端。

目前，测定肉类采用的是挥发性盐基氮法。在肉类长时间放置过程中，由于酶和细菌的作用，蛋白质、脂肪和糖类被分解、变质，一系列碱性含氮的有毒物质如酪胺、组胺、尸胺等胺类被释放出来。通过检测这类物质的量，进而反推肉类的新鲜度。该方法主要的弊端在于，需要特定的仪器进行检测，其使用不便，检测复杂。这意味着只能由政府相关部门、相关人员，使用仪器在特定的环境和场合进行检测，效率低、可使用场景少，还存在测不准的问题。

为了克服这些弊端，陈晓东等人基于哺乳动物嗅觉系统的工作原理，研发了“电子鼻”。

首先，要理解哺乳动物嗅觉系统的工作原理。对于哺乳动物来说，嗅觉系统起作用要从鼻子吸入气体开始。气体接触到包含有多种嗅觉感受器的嗅觉上皮细胞，这些嗅觉感受器对很多范围的气体分子呈现亲和性，之后嗅觉神经将感受器激活成电信号，传到给嗅球，再经过嗅球传递，直到大脑，最终识别气体并决定气体浓度。

总的来说，哺乳动物嗅觉系统运转可以分成两部分，一是感受器接触气体，此时形成的神经信号像是气

味指纹 (scent fingerprint) ，必须经过解读才能得到结果。第二步则是信号通过神经传递给大脑，对气氛指纹做出解读。

用更加专业的词汇来说，模仿哺乳动物的嗅觉系统，需要复制两个功能：交叉反应传感和气味指纹模式识别。

这恰好也对应了“电子鼻”的两个组成部分：条形码和阅读器。前者放置于肉类周围，条形码因为肉类中的不同浓度的挥发性气体而产生变色；后者是“中枢神经系统”，用以解读变色的条码，给出新鲜度结果。

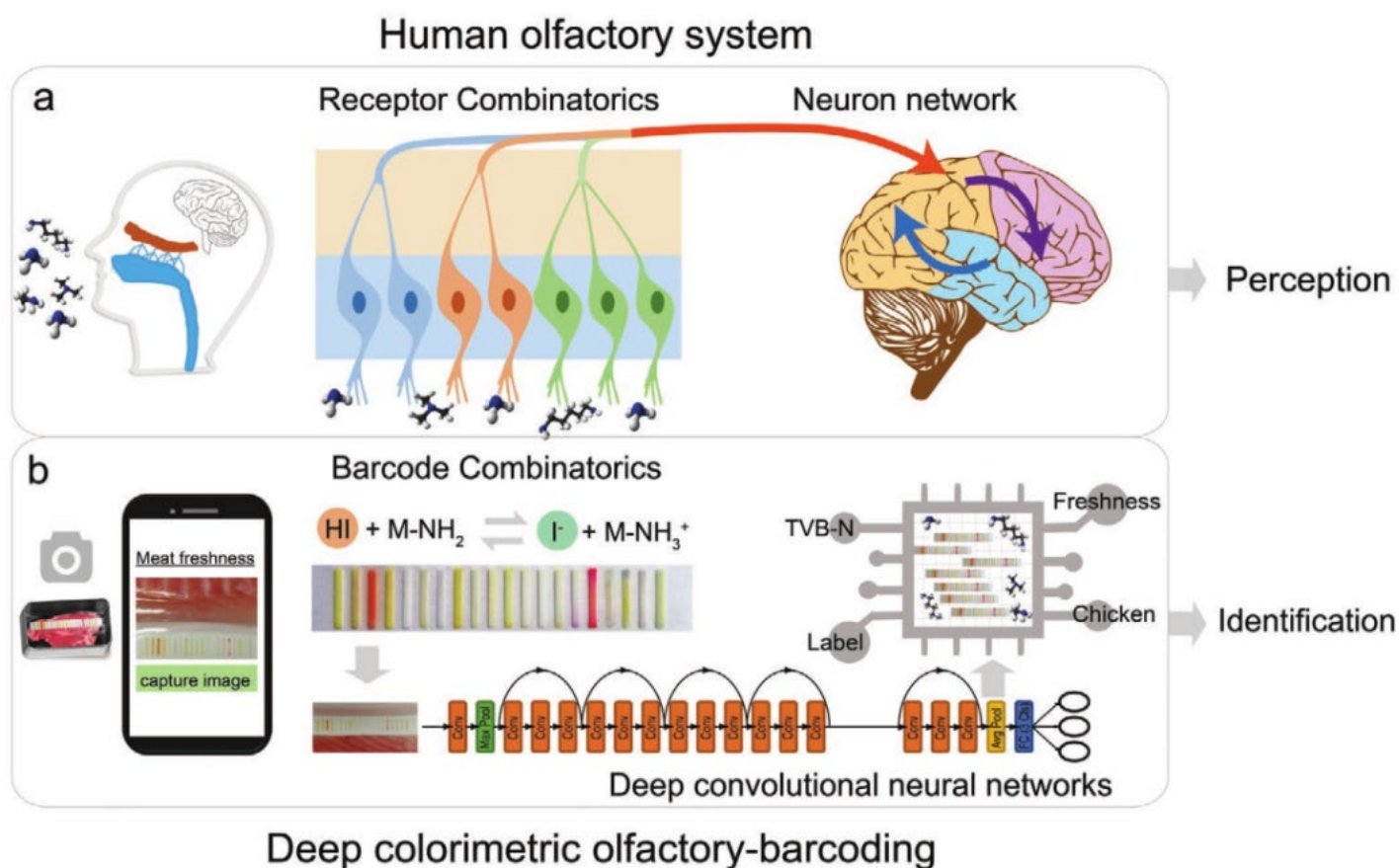


图 | 哺乳动物嗅觉系统 VS. 人工嗅觉系统

这两个部分哪个更为关键？陈晓东坦言：“电子鼻识别肉类新鲜度之所以比传统方法准确度高，并不是因为我们检测了更多种类的气体，而是对变色条码的解读更精确。” 这也就意味着，该电子鼻技术的核心，是一个精确解读变色条形码信息的一套算法。

“条形码”由 20 种不同类型的壳聚糖、染料和醋酸纤维组成的多空纳米复合材料构成。当其置于待测肉类之上，条码中的卤素染料根据气体类型和浓度发生交叉反应，显示出彩色条形码（气味指纹）。

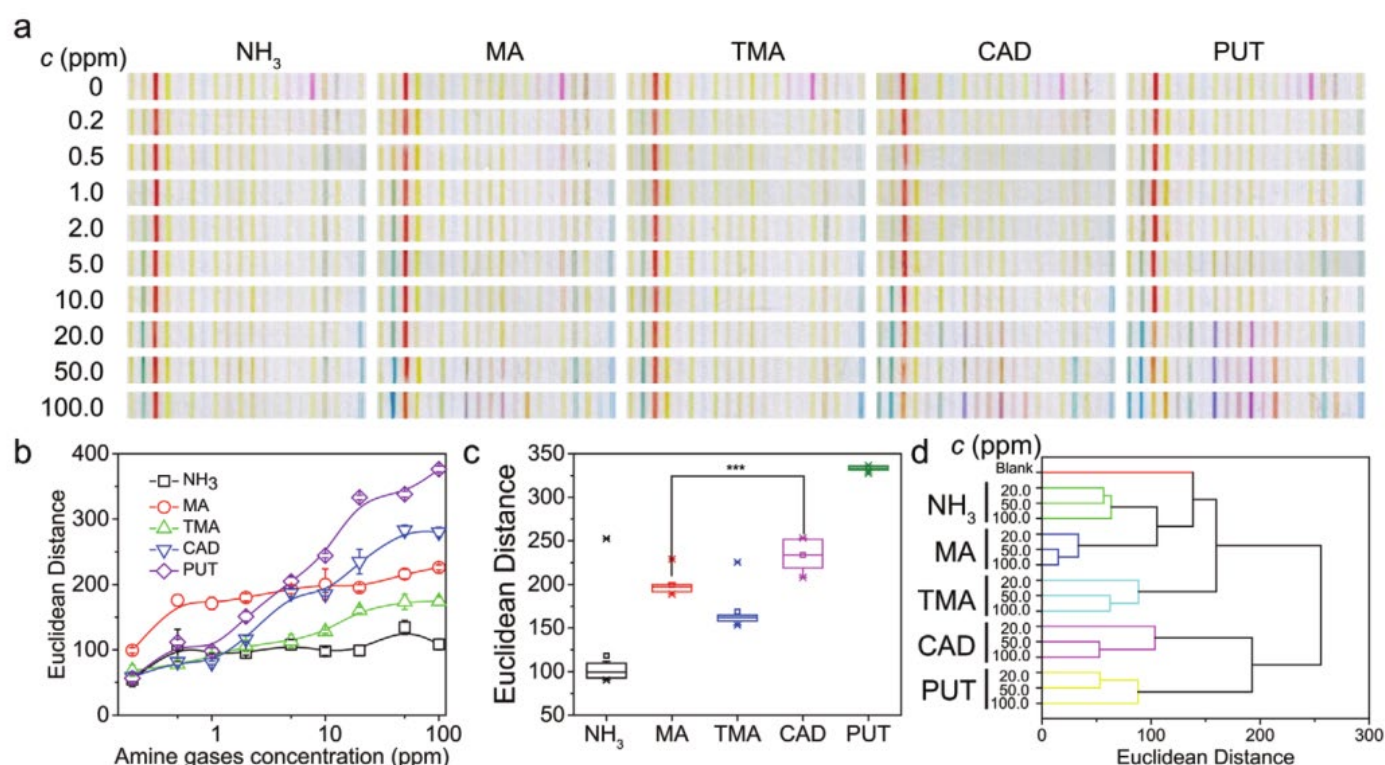


图 | “五彩斑斓”的条形码形成的气味指纹

比如，在条形码上第一条带上，有一种叫溴百里酚蓝（BPB）的染料，当遇到微生物降解蛋白质产生的生物胺，其羟基基团分裂，可见色从黄色变成蓝色。当暴露在不同浓度的气体中时，条码的每一条都会有不同颜色或颜色范围。

设计条形码与肉类挥发气体反应并不困难，困难的是面对千变万化的变色条码，应该如何解读。设想人的嗅觉系统，当闻到肉类散发出的臭味，就能判断已经变质，如果味道弱一些，就能判定不新鲜。那“电子鼻”应该如何判断呢？

陈晓东等人使用机器学习方法训练条形码“阅读器”，直到系统能准确根据条形码判断新鲜度为止。

首先，要训练系统，必须要给出一个标定后的准确结果。他们使用国际标准，为肉类的新鲜程度分类：新鲜、不新鲜和变质。每一种分类都会对应一组挥发性气体含量范围。

之后，研究人员将条形码粘在透明聚氯乙烯（PVC）肉类包装薄膜上，并朝向外侧，但是不接触肉制品。然后将该样品置于 25°C 环境中，在不打开包装的情况下，使用智能手机拍摄条形码图像。最终，他们得到了 4161 张肉类图像，并随机分成两组：一组有 3475 张，用来训练模型；另一组 686 张用来测试。

识别条形码的模型使用的是深度卷积神经网络算法（DCNN）。电子鼻经过训练后，用 686 张图像测试，让系统判断该条形码对应的肉类属于新鲜、不新鲜或者变质，准确度高达 98.5%。

这种新型“电子鼻”，在肉质新鲜度检测上，真正做到了便携、准确和无损。陈晓东介绍，在此之前，类似的电子鼻存在的问题往往是过于笨重，例如拖着长长的电源线。或者是检测条件苛刻，某些电子鼻传感器在高温下才能工作。而他们研发的新型电子鼻，只需要一张条形码，和一部智能手机即可。操作人员拍下条形码，使用专门开发的 APP 上传图片，接入云端的分析系统，快速得到结果。

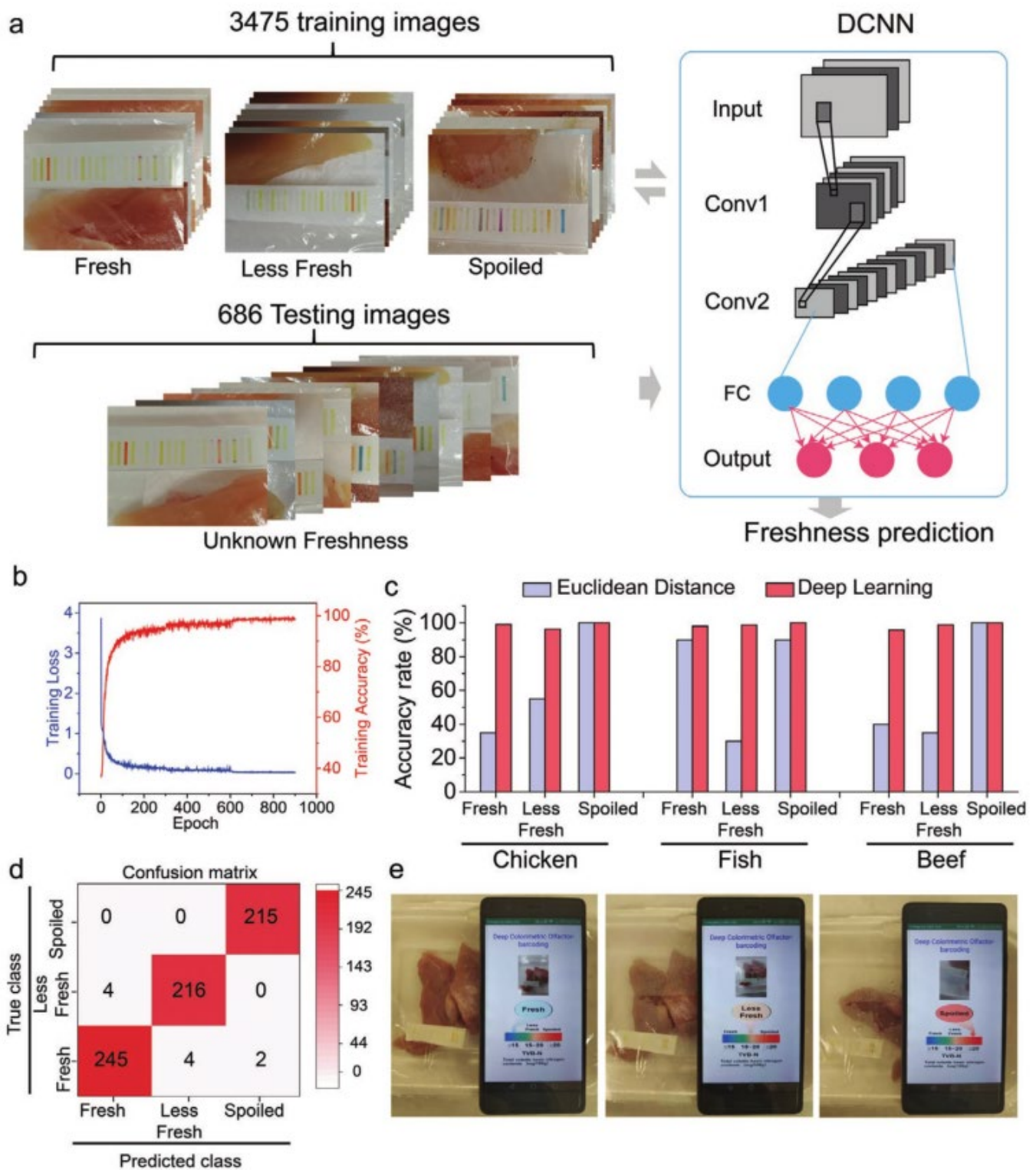


图 | 使用手机 APP 可识别条形码

陈晓东表示，由于电子鼻足够便携，未来可以对肉类食品进行全链条监测。正如之前所说，传统的挥发性盐基氮评估肉类新鲜度需要笨重的仪器，这就限制了它的使用。而电子鼻可以用在屠宰场、包装、冷链运输、超市，甚至消费者可以自行购买在家检测。

需要特别说明的是，条形码使用的材料是生物可降解的、无毒的，基于生物相容性和环保原则设计的。

应用远不止肉类检测

陈晓东对 DeepTech 说：“外界只关注到‘电子鼻’的概念，但真正要关注的是人工嗅觉系统。”这意味着，在理论上，一切用嗅觉可以完成的工作，“电子鼻”都可以做到。

陈晓东举了个例子。检测肉类新鲜度，实质上是检测胺类物质的含量。同样的原理，如果评估食用油的新鲜度，那就需要检测酸类物质的含量。因为油在变质过程中会酸化。肉类和食用油，检测标的变了，但原理一致。研究人员只要重新制作对于酸类物质敏感的条形码，按照同样的逻辑训练系统识别即可。

如果再将使用领域扩大，电子鼻具备用在公共安全和危险品检测的潜力。很多化学危险品本身就有特殊的气味，这也是警犬能够识别它们的原因，如果能用电子鼻快速准确的识别该类物质，能够提高检测效率和安全性。

普及仍需时间

人工嗅觉系统使用前景广阔，但是研究起来并不容易。陈晓东说，使用电子鼻评估肉类新鲜度，看似简单，整个研究用了两年。如果要做到准确评估食用油、乃至冷链运输检测、公共安全和危险品检测，还需要很长的时间。而在商业化上，当前也存在障碍。

首先，使用手机对条形码拍照，再上传分析，存在误差。每个使用者的手机像素不同、拍摄环境不同、拍照水平不同，同一个条形码，不同人拍摄颜色出入较大，而识别系统恰恰依靠颜色做判断，这是不稳定因素之一。陈晓东已经意识到这一点，在他看来，未来如果商业化，需要研发一个专门的手持设备来

读取结果，仅仅依靠手机拍照是不行的。

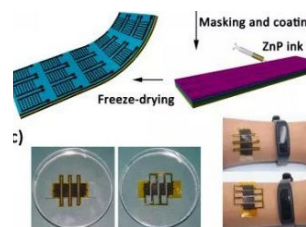
此外，对于大型超市而言，它们是不倾向于用电子鼻监测肉类新鲜度，尤其是包装类产品，这是一个责任归属的问题。肉类包装上已经注明的生产日期和保质期，消费者只需要按照规定食用即可，超市没有责任。如果超市自己监测，并保证肉类新鲜，一旦出现问题，责任就归到了超市一方。

但无论如何，消费者对肉制品乃至其他各类食品的安全性要求是不断提升的，电子鼻的商业化也需要一步步推进。陈晓东等人已经为其申请了专利，他们希望电子鼻未来能够在食品工业和公共安全中广泛应用，为消费者和食品供应链中的利益相关者提供一种便捷的检测方法，从而让公众建立对食品安全的信心。

相关文章

全球首个高性能可拉伸自供能系统诞生！攻克柔性电子充电难，实现石墨烯力学传感器自充电

2020-12-01 0 0



中科院院士龚旗煌最新解读，一文读懂光子产业的布局与未来

2020-11-30 0 0



MIT韩松团队开发全新微型深度学习技术MCUNet，实现ImageNet超70%准确率，可在物联网设备高效运行

2020-11-30 0 0

