

基于计算机视觉与电子鼻的冷链物流肉类品质检测研究

杨芳圆

绍兴职业技术学院, 浙江 绍兴 312000

DOI: 10.61369/ETR.2026190005

摘 要 : 随着我国经济的快速发展与居民生活水平的不断提升, 消费者对肉类食品的品质与安全提出更高的要求。肉类食品作为高蛋白、易腐败的生鲜产品, 其品质容易受运输过程中的温度、环境等方面因素的影响。冷链运输能够通过低温控制的方式, 减缓肉类食品的腐败速度, 因此, 肉类品质检测也成为冷链物流中保障食品安全的重要环节。目前, 冷链物流中肉类品质检测自动化程度不高, 检测的效率较低, 为了保障肉类食品运输的安全性。本文以猪肉为研究对象, 结合计算机视觉检测技术和电子鼻检测技术, 构建冷链物流肉类品质快速检测体系, 实现对冷链物流肉类的有效监测。

关 键 词 : 冷链物流; 肉类品质检测; 计算机视觉; 电子鼻; 深度学习

Research on Meat Quality Detection in Cold Chain Logistics Based on Computer Vision and Electronic Nose

Yang Fangyuan

Shaoxing Vocational & Technical College, Shaoxing, Zhejiang 312000

Abstract : With the rapid development of China's economy and the continuous improvement of residents' living standards, consumers have put forward higher requirements for the quality and safety of meat products. As high-protein and perishable fresh products, the quality of meat is easily affected by factors such as temperature and environment during transportation. Cold chain transportation can slow down the spoilage rate of meat products through low-temperature control; therefore, meat quality detection has become an important link to ensure food safety in cold chain logistics. At present, the meat quality detection in cold chain logistics has the problems of low automation and low detection efficiency. To ensure the safety of meat product transportation, this paper takes pork as the research object, combines computer vision detection technology and electronic nose detection technology, and constructs a rapid detection system for meat quality in cold chain logistics, so as to realize effective monitoring of meat in cold chain logistics.

Keywords : cold chain logistics; meat quality detection; computer vision; electronic nose; deep learning

前言

肉类食品易腐败, 其品质容易受外部环境因素的影响。普通物流体系无法满足肉类食品的保鲜需求, 容易造成食品腐坏问题。而采用冷链运输能够延长运输的时间, 并保障肉类食品的新鲜度。在数字技术不断更新迭代的背景下, 冷链智慧技术装备也不断升级。计算机视觉技术能够通过非接触、快速检测的方式, 通过图像分析实现肉类外观的品质识别。电子鼻技术则作为人工嗅觉技术的重要体现, 能够快速检测肉类腐败过程中释放的挥发性气体, 实现肉类新鲜度的判别。这两种技术相结合应用于冷链物流肉类品质检测, 有助于实现肉类内外部品质的全链、快速监测, 突破当前的检测技术发展瓶颈。

一、计算机视觉与电子鼻的冷链物流肉类品质检测概述

(一) 冷链物流肉类品质检测

冷链物流肉类品质检测指的是在肉类食品冷链运输的过程

中, 通过各类技术手段对肉类的新鲜度、营养成分、微生物含量等指标进行监测与判别, 及时发现肉类的异常品质, 保障肉类食品在运输过程中的安全性, 然而, 在冷链物流行业快速发展的背景下, 传统肉类检测方法已经难以满足行业发展的需求, 而计算机视觉技术与电子鼻技术的出现, 能够为冷链物流肉类检测提供

课题信息: 浙江省教育厅一般科研项目: 基于计算机视觉与电子鼻的冷链物流肉类品质检测研究 (Y202353097)。

全新的解决方案，共同实现肉类内外部品质的检测^[1]。

（二）计算机视觉技术

计算机视觉技术作为一门融合计算机科学、图像处理、模式识别等多学科知识的技术，其原理在于通过图像传感器采集目标物体的图像信息，并将其转化为数字图像，并通过图像处理算法对图像进行预处理，提取关键特征并进行识别与检测。在冷链肉类品质检测中，计算机视觉技术主要应用于肉类外观品质的监测，主要包括捕捉肉类的颜色、纹理、大理石纹、表面损伤等外观特征，这些特征与肉类的新鲜度、等级具有密切的联系^[2]。

（三）电子鼻技术

电子鼻技术又被称为人工嗅觉技术，它是一种模拟人类嗅觉系统的智能检测技术，其核心包括器皿传感器阵列、信号调理模块、数据处理模块等。电子鼻技术的工作原理是利用器皿传感器阵列捕捉目标样品释放的挥发性气体，不同类型的气体对传感器的响应信号也有所差异，传感器将气体信号转化为电信号，经信号调理模块进行放大和降噪预处理，传输到数据处理模块与识别模块，通过算法分析去除气体的关键特征参数，并对样品的品质进行有效判别。电子鼻技术主要应用于检测肉类是否新鲜^[3]。肉类如果出现腐败的情况，则会发生脂肪、蛋白质、碳水化合物分解反应，释放出氨、硫化氢、醛类的挥发气体，这些气体的种类与含量会根据腐败的程度加剧而发生变化，这也是判断肉类新鲜度的依据。

二、基于计算机视觉与电子鼻的冷链物流肉类品质检测的意义

对于消费者而言，这项检测技术有助于保障肉类食品的安全性和品质的稳定性，守护消费者的身体健康。肉类食品的安全性是当前消费者需要关注的问题，而传统检测方式则难以实现全面监测，容易出现漏检、误检的情况，从而导致腐败变质的肉类流入市场，危害消费者的身体健康。计算机视觉与电子鼻检测技术有助于实现冷链物流肉类运输全过程的在线动态监测，从而确保捕捉肉类的品质，及时发现腐败变质的问题，避免不合格的肉类流入市场，为消费者提供安全、优质的肉类食品，为消费者提供良好的消费体验^[4]。

对冷链物流企业与肉类加工企业来讲，检测技术有助于降低企业的运营成本，从而提高企业的核心竞争力。一方面，传统的肉类检测需要投入更多的人力、物力和财力，专业检测人员的培养成本较高，检测过程的耗时也比较长，而计算机视觉与电子鼻检测技术有助于实现自动化检测，不用大量人工进行干预，可以做到减少人力成本，提高检测的效率，缩短检测的周期，节约更多的运营成本。另一方面，检测技术能够提升肉类品质检测的精准度，减少由于肉类腐败而造成的损耗，直接降低企业的损失^[5]。与此同时，企业还可以通过检测数据优化冷链运输的方案，调整运输的温度等参数，确保延长肉类食品的保鲜期。

对社会发展来讲，这项检测技术有助于更好地保障食品安全，减少食品安全事故，维护社会公共卫生安全。肉类食品的安全

全与公共卫生安全具有密切的关系，腐败变质的肉类会滋生大量的微生物，在食用后容易导致食物中毒。基于计算机视觉与电子鼻的检测技术，能够实现肉类品质的全程监测和精准判断，遏制不合格肉类流入市场，从而保障食品安全^[6]。

三、基于计算机视觉与电子鼻的冷链物流肉类品质检测的策略

（一）优化样本选取与处理，奠定检测基础

样本的选取与预处理是保障检测精准性的前提，这就需要根据冷链物流肉类的情况，有效选择合适的样本并进行标准化的处理，确保样本的代表性与一致性。在样本选择上，选择不同产地、不同品种、不同等级的肉类作为实验样本，重点以猪肉为核心对象，兼顾牛肉、羊肉等常见的肉类，保障样本覆盖冷链物流中常见的肉类类型与品质状态。例如，选择特级新鲜的猪肉、一级新鲜猪肉、二级新鲜猪肉、三级新鲜猪肉作为不同的样本，选取腐败0小时、4小时、8小时、12小时的猪肉作为不同新鲜度的样本，保障每个类型样本选取一定数量，确保样本具有代表性。在样本预处理方面，应对样本进行统一处理，去除筋膜等杂质，切割成统一大小的块状，将其放置于无菌容器之中，避免样本受到污染和腐败，确保样本品质^[7]。

（二）优化计算机视觉检测，提升外观精度

计算机视觉检测技术的优化应围绕图像采集、图像处理、特征提取等环节，通过技术进行优化，确保提升肉类外观品质检测的精度。在图像采集阶段，选择高精度图像传感器，控制采集的环境和光照强度、背景颜色等参数，确保采集到的肉类图像清楚且无干扰，每个样本需要采集3—5张真彩图像，避免由于图像质量问题影响检测的结果。在图像预处理环节，采用专业的图像处理软件对采集到的图像进行去噪、灰度化、阈值分割等处理，去除图像中的杂质和干扰信息，突出肉类的颜色、纹理等外观特征，为特征提取提供清晰的图像基础。在分类建模环节，采用BP神经网络，支持向量机等深度学习算法，将特征向量库分为训练集与测试集，对模型进行训练和优化，调整模型参数，提升模型的精准度，确保计算机视觉检测模型对不同等级、不同新鲜度肉类的分类精准度达到98%以上^[8]。

（三）优化电子鼻检测技术，提升内部精度

电子鼻检测技术的优化应根据系统设计、信号采集、信号处理、分类建模四个环节进行，从而打造便捷式、高精度的电子检测系统，确保肉类品质的精度。在系统设计环节，设计由设备端、客户端和云平台构成的便携式电子鼻系统，设备端会根据STM32高性能处理器实现，配备8个高精度挥发性气体的传感器，进而全面捕捉肉类腐败过程中释放的氨、硫化氢、醛类等挥发性气体^[9]。客户端则采用智能手机APP实现，提供便捷的人机交互界面，为用户的操作与查看提供便利。云平台则以阿里云物联网云平台为基础，能够实现监测数据的及时储存，通过分析与传输为远程监控提供支持。在信号采集的过程中，将肉类样本置于无菌气室之中，经过一段时间的密封保障气体浓度的稳定性，

并利用电子鼻端的传感器阵列采集气体的信号，确保每个样本采集3-5组信号，记录传感器电压值，确保信号采集的稳定性和准确度。在信号处理期间，对采集到的电压值进行数据清洗和信号放大，做好降噪预处理，去除异常值，为分类建模提供数据上的支持。在分类建模阶段，采用深度学习算法对气体特征的参数展开分析，借鉴现行判别分析模型和BP-ANN模型，从而构建新鲜度的预测模型，保障电子鼻系统的监测精准度。

（四）构建融合检测体系，实施全面监测

构建计算机视觉与电子鼻融合检测的体系，实现技术之间的协同作用，从而弥补单一的技术上的局限，确保肉类品质的全面监测。一方面，实现两种技术的数据融合，采用多元数据融合算法，将计算机视觉检测到的外观特征数据与电子鼻检测到的气体特征数据进行融合，深度分析两类数据信息，提升检测结果的精确度，确保融合检测综合精准度达到99%以上^[10]。另一方面，实现监测数据的有效传输和远程监控，通过GPRS、SIM模块将融合检测数据上传到远程数据中心，对监测数据进行有效分析和处

理，及时发现肉类品质的问题，并发送指令对冷链运输过程中的温度、湿度等数据进行有效控制，实现肉类品质的动态监测。与此同时，优化融合检测体系的稳定性和便捷性，确保适应冷链运输车辆、仓储的不同场景检测需求，并实现全面的监测。

四、结语

综上所述，随着我国冷链物流行业的快速发展与消费者对肉类食品品质安全的要求不断提升，传统的肉类品质检测方法已经无法适应行业的发展趋势。而使用计算机视觉与电子鼻的冷链物流肉类品质检测技术有助于实现肉类品质由内到外的全面、快速和实时检测，并有效解决传统检测方法自动化程度低、检测效率低的问题，为消费者、企业、社会发展带来更多的正向价值。未来，随着人工智能、物联网等技术的发展，仍需要持续优化检测技术，提升检测的精准度，完善检测的标准值，推动冷链物流行业的高质量发展，为肉类食品品质安全提供更多的支持。

参考文献

[1] 李文凤, 李龙, 李梅. 基于RFID和WSN技术的猪肉冷链物流系统设计[J]. 湖北农业科学, 2025, 64(11): 171-174.

[2] 梁天一. 面向城区的S公司冷链物流关键环节优化研究[D]. 沈阳大学, 2025.

[3] 赵娣, 吴自爱, 高莹莹, 等. 安徽省农产品冷链物流需求预测分析[J]. 铜陵学院学报, 2024, 23(02): 57-60.

[4] 曹斐, 施斌, 陈泽鹏, 等. 我国肉类产品全冷链物流技术研究进展[J]. 家用电器, 2024, (02): 70-75.

[5] 童洁. 肉类冷链物流成本的控制优化研究——以鹏程食品分公司为例[J]. 物流工程与管理, 2023, 45(11): 167-169.

[6] 盛森杰, 王晓林. 农产品全程数字化冷链物流配送销售技术探索[J]. 现代农机, 2023, (04): 3-5.

[7] 刘洋, 徐晓强, 蒋柠, 等. 内蒙古冷链物流标准化探索[J]. 中国标准化, 2023, (13): 99-103.

[8] 周慧, 曾一洲. 数字化转型背景下九江市生鲜农产品冷链物流需求预测及发展建议[J]. 物流科技, 2023, 46(15): 132-137.

[9] 陈强. A企业生鲜产品冷链物流风险管理研究[D]. 石家庄铁道大学, 2023.

[10] 徐向丽. 一种用于冷链物流肉类品质在线检测的电子鼻系统[J]. 食品工业, 2020, 41(03): 201-203.