

基于可见/近红外光谱技术的腐坏猪肉检测 控制系统设计

王铭武¹, 彭彦昆¹, 王彩萍², 汤修映^{1*}

(1. 中国农业大学工学院, 北京 100083;

2. 新疆雨润食品有限公司, 石河子 830002)

摘要: **目的** 设计腐坏猪肉的快速、无损检测控制系统。**方法** 通过研究可见/近红外光谱技术, 根据其在应用过程中的使用特点并结合实际情况的需求, 设计检测系统的总体方案。**结果** 设计检测系统方案, 包括检测对象、检测指标, 设计控制系统的结构、功能和工作流程。**结论** 光纤探头距离样品高度为 10 cm, 单个样品检测时间控制在 5 s 内, 使用 DSP 作为控制核心, 用于检测猪肉是否腐败。

关键词: 腐坏猪肉; 可见/近红外光谱; 数字信号处理

Design of control system of putrid pork detection using visible and near-infrared spectral technology

WANG Ming-Wu¹, PENG Yan-Kun¹, WANG Cai-Ping², TANG Xiu-Ying^{1*}

(1. College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China;

2. Xinjiang Yurun Food Co., Ltd., Shihezi 830002, China)

ABSTRACT: Objective To design a rapid and non-destructive control system of putrid pork detection. **Methods** Through the study of visible and near-infrared spectral technology, according to the characteristics of the use in the application process and combining with actual situation needs, the overall scheme of the detection system was designed. **Results** Detection system included object, testing index, structure, function and working process of the control system. **Conclusion** When the distance between optical fiber probe and sample height was 10 cm, a single sample detection time control was 5 s, digital signal processing (DSP) was used as core control, it could be used for the rapid and non-destructive detection of putrid pork.

KEY WORDS: putrid pork; visible and near-infrared spectroscopy; digital signal processing

1 引言

我国是目前世界上第一大猪肉生产国, 猪肉产量占世界总产量的 50% 左右。随着我国人民生活水平的提高, 冷鲜肉正逐渐成为我国肉类消费的主流, 只有在保证食品质量安全的前提下, 冷鲜肉才能快速稳定地发展^[1]。GB/T 19480-2009^[2]《肉与肉制品术语》对于冷鲜肉的定义是: 在低于 0 °C 环境下, 将肉中心温度降低到 0 °C~4 °C, 而不产生冰晶的肉。在大

型企业中冷鲜肉除了直接在市场销售外, 另一部分会进行后续加工, 而这部分肉不会全部立即进行加工, 需保存一段时间, 因此在后续加工前需对这些肉进行品质检测, 发生腐坏的将不再继续加工。

Leroy 等^[3]在 1200~1300 nm 波段利用近红外光谱建立挥发性盐基氮的预测模型, 实现了猪肉新鲜度的评价。候瑞锋等^[4]用近红外漫反射光谱法, 建立挥发性盐基氮的预测模型, 并通过聚类分析法对数据进行分类。文星等^[5]应用近红外稳态空间分辨光谱

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201003008)、国家科技支撑计划项目(2012BAH04B00)

*通讯作者: 汤修映, 博士, 副教授, 主要研究方向: 农产品品质安全检测技术及智能装备。E-mail:txying@cau.edu.cn

技术,在短波近红外范围内可以建立近红外光谱与挥发性盐基氮的相关关系达到评价肉类新鲜度的目的。张雷蕾等^[6]利用高光谱成像技术预测猪肉新鲜度参数,挥发性盐基氮和 pH 值。在 470~1000 nm 波长范围内,从高光谱图像中提取的反射光谱,建立偏最小二乘法的预测模型。王丽等^[7]用 1000~2500 nm 近红外积分球漫反射的方法预测猪肉新鲜度。Sante 等^[8]用近红外光谱技术结合人工神经网络的分析方法判断鸡胸肉的颜色。廖宜涛等^[9]使用 350~1000 nm 的近红外漫反射光谱建立猪肉 pH 值的偏最小二乘回归模型。胡耀华等^[10]运用近红外光谱检测生鲜猪肉贮藏于室温(约 15 °C)和冷藏温(约 4 °C)期间的 pH 值,分析肉质在不同贮藏条件下的变化情况,确定不同新鲜度下 pH 的分类阈值。

本文研究中的检测对象是冷鲜肉,活猪在屠宰后进行分割,可分成背脊肉、腰腹部肉、后腿肉三大部分,每部分会被进一步分割;在对肉不进行任何绞碎处理前,肉样本身存在肌肉组织、脂肪组织、结缔组织等不同的组织结构,因此若进行无损伤检测,则被测物体为不均匀物质,这对于光谱信息的采集会造成很大的影响。为减少物质的不均匀性带来的干扰,该研究首先选择腰腹部分的外脊作为检测对象,该部分基本由肌肉组织构成,结构较为均匀。

本研究检测目的是判断肉是否腐坏。“肉的腐坏”在 GB/T 19480-2009《肉与肉制品术语》中明确指出:肌肉中蛋白质和非蛋白质的含氮物质,被有害微生物分解,引起的肌肉组织的破坏和色泽变化,产生酸败气味,肉表面发粘的过程。在 GB/T 9959.2-2008^[11]《分割鲜、冻猪瘦肉》中要求冷却(鲜)或冷冻的猪瘦肉的感官评价为肌肉色泽鲜红、有光泽,脂肪呈乳白色,肉质紧密,有坚实感,具有猪肉固有的气味、无异味;主要理化指标要求水分含量 77%,挥发性盐基氮 15 mg/100 g,细菌总数 1×10^6 CFU/g。

根据肉的腐败变化规律和相关国家标准,挥发性盐基氮是判断肉品是否发生腐败的最关键指标,此外,肉样发生腐败后颜色和 pH 值会有明显变化。因此,选择挥发性盐基氮、颜色、pH 值作为样品的检测指标,将分割后的冷鲜肉在进行深度加工之前,通过对猪肉品质关键指标的检测,判断其是否发生腐坏,以确定是否继续深加工。

2 检测系统的方案

2.1 检测样品的方法

选择可见/近红外光谱技术作为检测方法,波长

在 380~780 nm 范围内的光谱区为可见光区,不同颜色的物质在此光谱区内吸收情况不同,主要反映物质的可见光部分颜色信息;波长在 780~2500 nm 范围内的光谱区为近红外区,不同物质在谱区内的倍频和合频吸收情况各不相同,主要是反映 C-H、O-H、N-H、S-H 等化学键的信息,因此分析范围几乎可覆盖所有的有机化合物^[12]。

所要检测的样品指标挥发性盐基氮、颜色和 pH 值在可见/近红外波段范围内可采集有效的特征信息,因此该方法可作为猪肉腐败的检测方法。

2.2 检测过程中探头与样品间距离的确定

检测对象为分割后的外脊,尺寸为 50 cm×10 cm×7 cm,由于所选光纤探头的探测角度 $\theta=25^\circ$,所以探测区域为锥形(如图 1)。

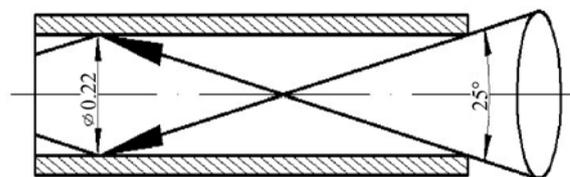


图 1 光纤探头示意图

Fig. 1 Optical fiber probe schematic diagram

若将光纤探头与样品表面离开一定距离 H (mm),可测得肉样表面直径为 D (mm)的圆形区域内的光谱信息,检测范围和探头与样品表面距离之间存在简单三角函数关系: $\tan \frac{\theta}{2} = \frac{D/2}{H}$,考虑所测对象为非均匀样品,经反复计算,当探头距离样品表面为 10 cm 时,检测区域直径约 4.5 cm(如图 2),接近外脊总宽度的一半,检测范围适中,能代表整块样品的情况。

3 检测系统的硬件组成

该检测系统有以下几部分构成:可见/近红外光谱仪器及配件,数字信号处理(DSP)控制板,激光测距传感器,光电开关和接近开关,步进电机,暗箱、支架等机械结构。

光谱仪用于采集被测样品的光谱信息,DSP 控制板用于整套系统的各项功能控制。

3.1 光谱仪及其配件

系统选用荷兰 Avantes 公司生产的光纤光谱仪(AvaSpec-ULS2048XL 超低杂散光型光谱仪),波长范围 300~1000 nm; AvaSpec-NIR512-1.7TEC 近红外光

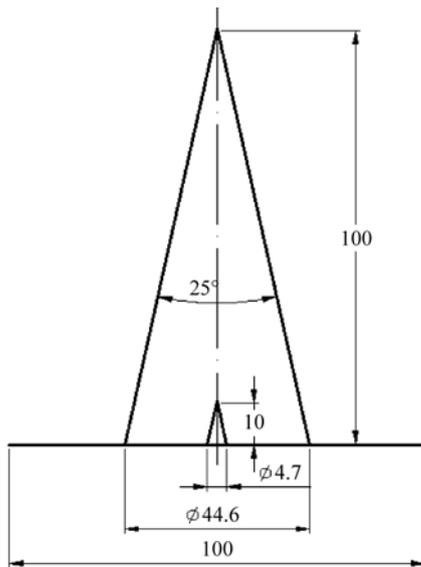


图 2 光纤探头检测范围与高度关系

Fig. 2 Relations between detection ranges and height of optical fiber probe

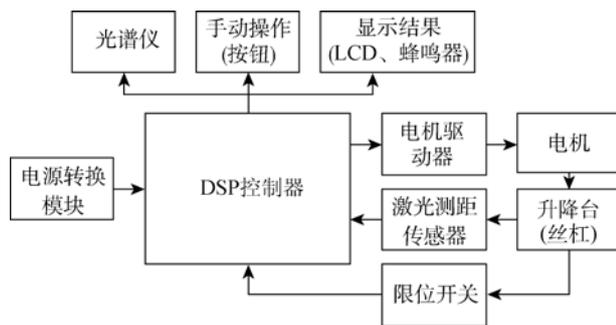


图 3 检测系统的组成

Fig. 3 The composition of testing system

谱仪, 波长范围 1050~1700 nm。配件有 FCB-IR600-2-ME 的 600 芯径 Y 字型光纤, WS-2 标准白参考。

3.2 DSP 开发板

系统总体控制由 DSP 开发板实现。选择美国 TI 公司的 TMS320F28335 芯片, 该芯片的精度高, 功耗小, 性能强, 外设集成度高, 数据以及程序存储量大, A/D 转换更精确快速。

选用北京艾睿合众科技有限公司生产的 SEED-DEC28335 开发板进行控制系统开发。在 SEED-DEC28335 中主要集成了 150 M 系统时钟的 DSP, 64 K×16 位的片外 SRAM, 16 路片内 12 位 A/D, 12 路 PWM, 2 路 UART, 1 路 CAN, 一路高速 USB, 片外 4 通道 12 位 D/A 和串行 EEPROM+RTC 实时时钟等外设。

3.3 激光测距传感器

光谱检测技术对于探头与样品之间的距离有着

很高的精度要求, 选用 KEYENCE 公司 IL-100 CMOS 激光传感器感测头, IL-1000 CMOS 激光传感器放大器。测量范围 75~130 mm, 采样周期最快 0.33 ms, 线性度 0.15%, 信号输出可选择 0~5 V、±5 V, 1~5 V 和 4~20 mA 模拟量输出或高低判断量输出。

3.4 光电开关和接近开关

待测样品放置在检测位置后需判断是否到位, 选用沪工 E3F-5DN2-5L 对射型光电开关进行检测。系统中设计了丝杠传动结构, 为防止超出运动行程, 选择沪工 LJ12A3-4-Z/BX 电感式接近开关。

3.5 串口扩展芯片

控制系统中光谱仪、激光测距传感器、LCD 液晶屏、按键、电机驱动器等部件需和 DSP 开发板进行串口通讯, 完成数据传输和信号控制, DSP 开发板本身串口个数无法满足需求, 因此选用 GM8125 串口扩展芯片, 它可将 1 个全双工的标准串口扩展成 5 个全双工的标准串口, 并能通过外部引脚控制串口扩展模式: 单通道工作模式或多通道工作模式。

3.6 电机选择和丝杠参数设计

该系统在检测样品时, 需要将光纤探头到样品表面的距离精确调整到设定的 10 cm, 将光纤探头固定在特别设计的加持装置上, 并安装在丝杠上, 使用步进电机带动丝杠转动的方式调整探头的位置。参照机械设计手册, 选择丝杠直径 16 mm, 导程 3 mm。

电机选择森创公司两相混合式步进电机 42BYG250C, 该电机体积小、转矩高, 振动低。

4 检测系统的功能及工作流程

该检测系统的工作过程是: 将待检测的肉样放在传送带上, 当样品到达检测位置后停止, 调整光纤探头与样品间的距离, 到达设定值后采集光谱信息, 光谱信息传至控制器并代入判断模型, 判断样品是否发生腐败。

5 结果与讨论

本文所设计的控制系统, 当被测猪肉样品到达检测位置后, 由激光测距传感器测量出光纤探头与被测肉样表面之间的距离, 该距离值被传至控制板并与设定的距离(10 cm)进行比较, 算出两者之间的差距, 控制电机正转或者反转, 带动丝杠向上或向下运动, 调整光纤探头与被测样品表面之间的距离。电机以 300 r/min 的速度转动, 以 15 mm/s 的速度调整

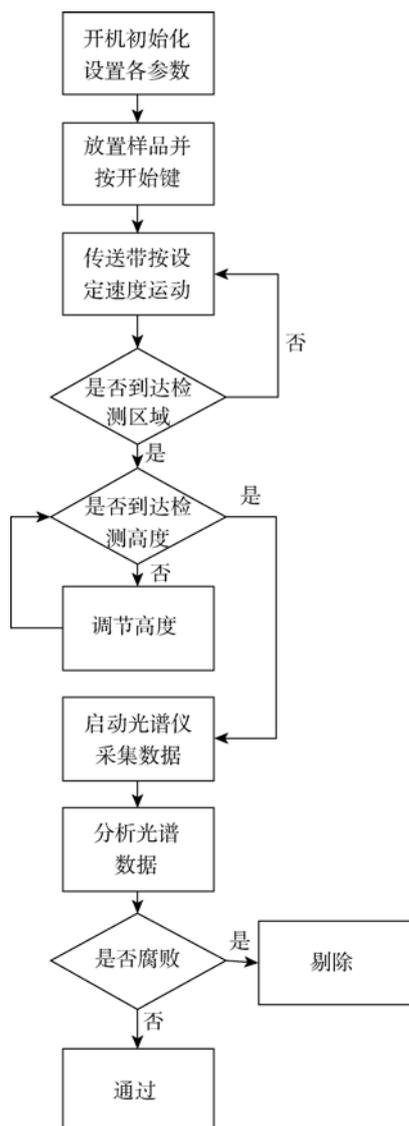


图4 检测系统工作流程

Fig. 4 Work flow of detection system

光纤探头高度,达到设定距离后采集被测样品的光谱信息,将光谱数据代入腐坏肉判别模型,整个检测时间在5 s内,最终确定被测肉样是否腐坏。

本研究针对腐坏猪肉的检测,使用光谱技术对分割后的冷鲜猪肉腰腹部外脊部位进行检测,通过设计的装置及控制系统,准确调整光纤探头的高度,保证被测样品光谱采集过程的准确性和稳定性。在冷鲜肉深加工之前对其是否发生腐坏进行无损伤快速检测,保证了食品的食用安全性。通过使用可见/近红外光谱技术,避免以往食品检测手段所带来的检测时间长、对样品造成破坏等问题,实现被测样品的在线无损伤检测。

6 结 论

本研究设计了一套基于可见/近红外光谱技术的腐坏猪快速、无损检测控制系统,包括系统总体方案、系统构成、功能和工作流程。检测猪肉样品时,可以15 mm/s的速度调整光纤探头高度,检测时间不超过5 s。系统的精度和稳定性在今后的工作中还需做进一步的验证与改进。

参考文献

- [1] 刘合光, 孙东升. 中国生猪产业三大发展趋势与猪肉消费展望[J]. 中国畜牧杂志, 2010, 46(6): 12-14, 27.
- [2] GB/T 19480-2009 肉与肉制品术语[S]. 2009.
- [3] Leroy B, Lambotte S, Dotreppe O. Prediction of technological and organoleptic properties of beef Longissimus thoracis from near-infrared reflectance and transmission spectra [J]. Meat Sci, 2004, 66(1): 45-54.
- [4] 侯瑞锋, 黄岚, 王忠义, 等. 用近红外漫反射光谱检测肉品新鲜度的初步研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2006, 26(12): 2193-2196.
- [5] 文星, 梁志宏, 张根伟, 等. 基于稳态空间分辨光谱的猪肉新鲜度检测方法[J]. 农业工程学报, 2010, 26(9): 334-339.
- [6] 张雷蕾, 李永玉, 彭彦昆, 等. 基于高光谱成像技术的猪肉新鲜度评价[J]. 农业工程学报, 2012, 28(7): 254-259.
- [7] 王丽, 刘兆丰, 励建荣. 近红外光谱技术快速检测猪肉新鲜度指标的方法研究[J]. 中国食品学报, 2012, 12(6): 159-165.
- [8] Sante VS, Lebert A, Le Pettier AG, et al. Comparison between two statistical models for prediction of turkey breast meat colour [J]. Meat Sci, 1996, 43(3-4): 283.
- [9] 廖宜涛, 樊玉霞, 伍学千, 等. 猪肉 pH 值的可见近红外光谱在线检测研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2010, 30(3): 681-684.
- [10] 胡耀华, 熊来怡, 刘聪, 等. 基于近红外光谱的生鲜猪肉 pH 检测及其品质安全判别[J]. 中国农业大学学报, 2012, 17(3): 121-126.
- [11] GB/T 9959.2-2008 分割鲜、冻猪瘦肉[S]. 2008.
- [12] 李民赞. 光谱分析技术及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2006.

(责任编辑: 赵静)

作者简介



王铭武, 学士, 研究方向: 农产品品质及安全检测技术及智能装备。

E-mail: wmw0401@163.com



汤修映, 博士, 副教授, 主要研究方向: 农产品品质及安全检测技术及智能装备。

E-mail: txying@cau.edu.cn