

# 近红外光谱技术在禽畜肉制品安全性检测中的应用研究进展

杨斐然, 方胥伟, 赵钜阳\*

(哈尔滨商业大学 旅游烹饪学院, 黑龙江 哈尔滨 150028)

**摘要:** 近年来, 随着肉制品需求量的升高, 肉品掺假等安全问题尤为突出, 各类掺假检测方法层出不穷, 其中近红外光谱分析技术因其快速、无损等特点而被广泛应用。目前, 近红外光谱分析技术在肉品掺假、新鲜度和细菌污染检测方面已有了一定数量的研究, 这些研究结果凸显该技术在肉制品安全性检测中的可行性, 为肉制品批量无损快检提供依据。

**关键词:** 近红外光谱; 掺假; 新鲜度; 肉制品; 鉴别

近年来, 随着人们对禽畜肉制品的需求量日益增长, 肉品欺诈问题也日益突出。不法商家用廉价的鸭肉、鸡肉、猪肉及其他非肉材料冒充价格昂贵的牛、羊肉<sup>[1-4]</sup>, 甚至将冻藏时间远超货架期的腐败“僵尸肉”混入市场进行买卖<sup>[5-8]</sup>, 从而牟取暴利。这类不正当行为不仅违反了进出口贸易规定, 还严重侵害了消费者的权益和健康<sup>[9-10]</sup>。

研究发现近红外光谱分析技术具有检测肉品质及鉴别肉品掺假的作用, 该技术因具有客观、快速、无损、准确、多指标、重现性好、操作方便等优点而被广泛应用<sup>[11-17]</sup>。这类方法主要通过获取被测样品理化性质及其近红外光谱信息, 建立高精度、稳定的数学模型, 探索被测样品理化性质与光谱信息之间定性和定量关系<sup>[18-19]</sup>, 进而实现对肉类掺假成分、掺假量以及新鲜度的快速检测, 并可保证样品的完整性<sup>[20-22]</sup>。目前, 常见的有关近红外光谱技术应用研究现状的概述集中于各类食品的真伪、种类、产地、致病菌、污染物鉴别及理化性质(水分、脂肪、蛋白质含量等)预测方面<sup>[23-25]</sup>, 而针对肉制品安全性检测的研究综述还未见报道。因此本文总结了近几年近红外光谱在

检验肉制品掺假、新鲜度及细菌污染等方面的国内外应用现状, 以期为后续肉品掺假及新鲜度的无损快检提供数据支撑和理论参考。

## 1 近红外光谱技术在鉴别掺假肉中的应用

### 1.1 肉制品真伪鉴别

国外研究人员对于近红外光谱在肉类掺假检测中的应用较早。COZZOLINO 等<sup>[26]</sup>收集了牛肉、羊肉、猪肉和鸡肉在 400 ~ 2 500 nm 处的近红外反射光谱信息, 分别开发了各类肉的主成分分析(PCA)模型和虚拟偏最小二乘回归(PLSR)模型, 最终模型识别精准度高达 80%, 可达到客观、快速识别肉品种类的效果。GAYO 等<sup>[27]</sup>利用近红外光谱分析数据结合偏最小二乘法(PLS)和 PCA 建模, 辨别了蟹肉品种的真伪, 鉴定误差小于 6%。基于上述研究成果, 近红外光谱技术应用范围逐渐被推广至肉制品掺假领域。例如 ROHMAN 等<sup>[28]</sup>以牛肉脂肪和猪肉脂肪制成的肉丸作为研究对象, 采集肉丸在 1 000 ~ 1 200 nm 的近红外反射光谱, 通过 PLS 建立判别模型以区分出掺有猪肉的牛肉丸子, 因此该模型可应用于清真

牛肉类制品的掺假检测。ALAMPRESE 等<sup>[29]</sup>利用傅里叶变换近红外光谱(800 ~ 2 667 nm)技术结合多元分析法对掺有火鸡肉的牛肉进行检测,所得鉴别模型可准确识别出掺假牛肉。

国内学者们在近红外应用于肉制品掺假鉴别方面也做了大量研究。张丽华等<sup>[30-31]</sup>利用近红外光谱分别建立羊肉糜和牛里脊肉中掺鸭肉的鉴别模型,正确识别率分别可达 99.07% 和 97.09%,该模型可有效判别掺假牛、羊肉糜。为提升模型准确度,排除仪器自身信噪比及稳定性差所带来的影响,可考虑在建立模型时使用多种优化处理方法,如牛晓颖等<sup>[32]</sup>使用傅立叶变换近红外光谱技术建立和优化不同大小破碎粒度(7、5、3 mm)驴肉、牛肉、羊肉、猪肉的分类模型,分别通过马氏距离判别、平滑处理、一阶、二阶微分和标准归一化方法对分类模型进行预处理,其中采用马氏距离法优化的模型精度较高。白京等<sup>[33]</sup>分别用 SG(savitzky - golay)平滑、SG 一阶导数、SG 二阶导数、多重散射校正、标准正态变量修正、以及 PLSR 等方法对掺假羊肉卷模型进行处理分析,结果显示 SG 平滑与一阶导数的预处理相结合的模型预测效果最佳。

除利用近红外光谱进行肉类掺假鉴别以外,还可利用紫外可见、中红外光谱等技术进行分析,但检测准确度往往逊于近红外光谱。ALAMPRESE 等<sup>[34]</sup>构建 PCA、PLS 和 LDA(线性判别分析)模型比较利用紫外线可见光谱、近红外光谱和中红外光谱分析技术定性鉴别三种贮藏条件(冷冻、解冻和煮熟)下碎牛肉掺入火鸡肉的效果,结果显示近红外光谱所建立的 PLS 模型预测效果最佳。由此可见,在肉制品掺假鉴别方面近红外光谱分析技术具有相当大的优势。

## 1.2 肉制品掺假量检测

近红外光谱分析技术不仅可鉴别肉品是否存在掺假现象,还可检测出样品的掺假量,如 KAMRUZZAMAN 等<sup>[35]</sup>通过筛选近红外光谱图的波长范围,建立多元线性回归模型,可快速分析检测羊碎肉中的猪肉掺入量(4% ~ 40% 范围内可检)。RADY 等<sup>[36]</sup>研究掺有不同比例(1% ~ 50%)植物蛋白的牛肉或猪肉糜,收集样品在 400 ~ 1 700 nm 下的近红外光谱信息并采用 PLS 法建立鉴别模型,模型准确率可达 96%。ALAMPRESE 等<sup>[29]</sup>利用傅立叶变换近红外光谱技术结合多元分析方法

对掺有火鸡肉的牛肉进行鉴别,所得模型可有效鉴别出牛肉中掺入的火鸡肉含量。DING 等<sup>[37]</sup>利用近红外光谱分析技术检测了掺有羊肉、猪肉、脱脂奶粉、小麦粉的牛肉汉堡肉片,分辨正确率达 92.7%,可有效检测牛肉汉堡中肉片的掺假水平。

通过上述研究发现近红外技术的应用难点在于模型预处理方式和建模方法的选择。因此,在保证充足样本量的前提下,制定合理数据处理方法,选择恰当光谱预处理方式并筛选最佳建模方法是提高模型准确率的有效途径。

## 2 近红外光谱技术在检测肉制品添加剂中的应用

近红外光谱技术除鉴别以次充好的掺假肉外,还可检测添加在肉及肉制品中的非肉成分,如水、大豆蛋白及肉制品添加剂卡拉胶、亚硝酸盐等。杨志敏等<sup>[38]</sup>利用 Fisher 线性判别分析和 PLS 法分别建立了可预测原料肉中掺有大豆蛋白的判别模型及大豆蛋白掺入含量的预测模型,其中判别模型准确率为 86.1%,预测模型决定系数为 93.4%,可起到良好的鉴别和检测作用。卡拉胶可改善肉的持水性,赋予肉制品良好的口感,但过量的添加会严重损害了消费者权益<sup>[39]</sup>。何鸿举等<sup>[40]</sup>通过建立全波段 PLS 预测模型探究卡拉胶添加量为 0% ~ 30% 的猪里脊肉糜的近红外光谱数据与不同掺胶比例数据的定量关系,该模型预测性能较优,此外,为降低模型运算时间、提高工作效率,该研究依据连续投影法(SPA)筛选出最优波长数 11,并结合 PLS 建模方法得到 SPA-PLS 注胶肉快速检测模型,其预测效果优于孟一等<sup>[41]</sup>利用 PLS 建模方法结合 PCA 分析方法所建的注胶肉及注水肉检测模型。杨志敏等<sup>[42]</sup>采用近红外漫反射光谱法对添加水、卡拉胶和氯化钠的猪肉样品进行分析,通过两类判别法和 MLP(神经网络)建立的掺假猪肉分类识别模型正确率达 94.2%。亚硝酸盐具有改善肉制品感官品质的特性,但同时又是一种在人体内无法被清除的致癌物<sup>[43]</sup>。周令国等<sup>[44]</sup>依次收集不同亚硝酸盐含量腊肉的近红外光谱图并与亚硝酸盐含量数据关联,利用 PLS 法成功建立了用于快速检测腊肉中亚硝酸盐含量的预测模型,经验证,所得模型的预测结果与通过化学检验所得结果无显著差异,其预测准确率高于 96%。