

肉品质光谱检测中探头与样品距离对结果影响的校正*

刘媛媛^{1,2} 彭彦昆¹ 张雷蕾¹ 王文秀¹ 郑晓春¹

(1. 中国农业大学工学院, 北京 100083; 2. 塔里木大学机械电气工程学院, 阿拉尔 843300)

摘要: 针对畜肉品质光谱检测中光纤探头与样品表面不同检测距离对预测结果影响较大的问题,分析了光谱曲线随检测距离变化的变化规律,提出光谱数据的校正方法。通过猪肉嫩度预测,验证校正效果。分别采集光纤探头固定时和光纤探头与样品表面检测点距离在4~18 mm变化范围内的猪肉背肌可见/近红外光谱。对每种情况下的光谱数据进行相同预处理,建立猪肉嫩度PLSR预测模型。探头固定时,预测集猪肉嫩度预测值和实测值相关系数为0.82,均方根误差为5.82 N。五次多项式拟合光纤探头与样品表面检测点距离在4~18 mm范围内380~1 050 nm各个波段的相对光谱数据,拟合相关系数R均大于0.999,均方根误差在0.018 7~0.242 2范围内。利用拟合方程校正后的光谱数据和最优嫩度预测模型对预测集进行预测,光纤探头与样品表面检测点距离在4~17 mm范围内时预测集嫩度预测值和实测值的相关系数在0.83~0.90之间,均方根误差在4.80~5.75 N之间。结果表明:对不同光纤探头与样品表面检测点距离采集的漫反射光谱数据进行校正,能够较好地克服光纤探头与样品表面检测点距离对猪肉嫩度预测模型的影响。

关键词: 猪肉 品质 可见近红外光谱 检测距离 数据校正

中图分类号: O433; TS251.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)12-0271-06

引言

利用光谱技术分析不同样品检测参数都需要建立相应的预测模型,建立预测模型需要消耗很大的人力、物力和财力,且分预测模型精度容易受到很多因素的影响。许多学者研究了试验误差、湿度两个因素对预测模型精度的影响^[1-5]。另外,很多学者也针对样品^[6-9]、光谱仪特性及参数^[10-12]、光谱信号预处理方法^[13-16]等因素对预测模型精度的影响进行了研究。

在畜肉品质安全检测方面,很多研究证明可见/近红外光谱与畜肉的营养成分、感官品质、安全性等有很好的相关性^[17-22]。畜肉品质光谱无损检测中,漫反射和吸收同时存在,在线检测系统一般采用漫反射光谱数据建立畜肉品质参数(颜色L、嫩度、pH值、系水力等)预测模型。当光谱仪参数(积分时间、扫描次数等)和品质参数理化值固定时,由于样品厚度不同、在线检测装置振动等原因导致光纤探头到畜肉样品表面检测点(以下简称检测点)检测距离发生变化,使漫反射数据变化很大,从而影响畜肉品质参数预测模型的精度。

针对上述情况,本文以生鲜猪肉背肌为研究对象,分析光纤探头与检测点不同距离时光谱曲线的变化规律,用五次多项式对不同波段在距离为4~18 mm范围内相对光谱数据进行拟合,探讨光纤探头与检测点距离变化时光谱对猪肉嫩度预测模型影响的校正方法,为基于光谱技术的生鲜畜肉品质在线检测研究打下基础。

1 试验材料与方法

1.1 试验材料

本试验使用4℃下经过24 h排酸的第12~13根肋骨之间的猪肉背肌,分别购于学校附近超市。在超市用保鲜袋密封包装后置于专用蓄冷储运箱并迅速运回试验室。快速剔除脂肪和结缔组织,将肉样修整为8 cm×5 cm×2.5 cm的肉块,共获得40个有效样品。用自封袋包装修整好后的样品,置于4℃冰室保鲜室中存放。

1.2 试验系统及光谱采集

试验硬件系统包括可见/近红外光谱采集子系统 and 光纤探头平移子系统,主要硬件如图1所示。可见/近红外光谱采集子系统包括可见/近红外光谱

收稿日期: 2014-08-25 修回日期: 2014-09-29

*“十二五”国家科技支撑计划资助项目(2011BAD24B01,2013BAD19B02)和公益性行业(农业)科研专项资助项目(201003008)

作者简介: 刘媛媛,博士生,塔里木大学讲师,主要从事农产品品质安全检测与装备研究,E-mail: lylyljin@163.com

通讯作者: 彭彦昆,教授,博士生导师,主要从事农畜产品无损检测技术与装置研究,E-mail: ypeng@cau.edu.cn

仪(Avantes 型光谱仪,光谱范围 350 ~ 1 100 nm,采样总像素数 1 336),由卤钨灯(功率为 14 W)和稳压电源组成的光源,“Y”型光纤以及安装有光谱采集软件(AvaSoft7.4)的计算机。光纤探头移动子系统包括激光位移传感器(IL-300 型,基准距离 300 mm,测量范围 160 ~ 450 mm,显示分辨率 10 μm,重复精度 30 μm,标准距离时光点直径为 0.5 mm)、探头平移台及旋转手柄、光纤探头及夹具、载物台、底板等。样品与载物台可一起在底板上左右运动从而实现样品同一激光测距和光谱采集,光纤探头在平移台的带动下实现上下运动,行程为 100 mm。

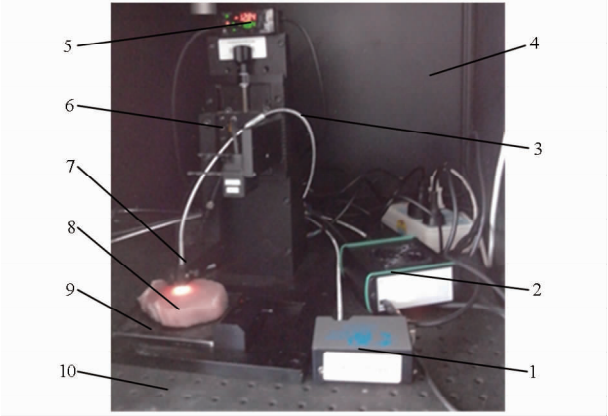


图 1 试验硬件系统图

Fig. 1 Diagram of trial system

1. 光谱仪 2. 光源 3. “Y”型光纤 4. 暗箱 5. 激光位移传感器 6. 平移台及旋转手柄 7. 光纤探头及夹具 8. 样品 9. 载物台 10. 底板

光纤探头与检测点标准距离由试验调试确定为 10 mm。首先,光纤探头固定不动,光谱采集点尽量避开脂肪区域,对 40 个样品的 5 个不同位置进行光谱采集,用于建立光纤探头与检测点距离固定时的猪肉嫩度模型。然后,获取每个样品上每个测量点在光纤探头与检测点距离不同的光谱数据,步骤如下:① 样品放置到位于底板轨道最右端的载物台上,旋转手柄直至位移传感器显示标准距离。② 将载物台移动到最左端,记录激光位移传感器显示数值 h ,旋转手柄使探头向上移动,直至激光位移传感器数值显示为 $h + 10$ 。③ 为避免光纤探头与检测点距离远时光谱曲线整体噪声大和二者距离近时光谱曲线饱和,探头与检测点距离控制在 4 ~ 18 mm 范围内,采样间隔为 1 mm,共计 15 个点。

1.3 猪肉嫩度标准值测量

猪肉嫩度标准值测量参照 NY/T 1180—2006《肉嫩度的测定 剪切力测定法》进行。首先将温度探头埋入猪肉背肌中心,然后将检测样品放入薄塑料袋,置于 80℃ 水浴锅中加热。加热过程中,塑料袋开口向上高于水浴锅水面,样品完全进入水中,当

中心温度达到 70℃ 时取出样本。然后将加热好的样品在 4℃ 环境下冷却保存 12 h。使用圆形取样器沿着肌纤维方向在每个样品光谱采集附近钻取 5 条直径为 1.27 cm 的肉柱,钻取位置尽量避开脂肪和结缔组织。用肉类嫩度剪切仪(C-LM3B 型数显式肌肉嫩度仪)对每条肉柱进行垂直于肌纤维的剪切试验,分别得到最大剪切力,求其平均值作为该样本最大剪切力。

1.4 光谱预处理及预测模型建立方法

光谱曲线两端噪声较大,信噪比低,因此使用 380 ~ 1 050 nm 范围内的光谱曲线,每条曲线共 1 185 个数据点。使用多元散射校正(MSC)预处理方法,建模方法采用 PLSR。将 40 个有效样本按照 3:1 的比例划分为 2 组,第 1 组 30 个样品为校正集用于预测模型的建立,第 2 组 10 个样品为预测集用于验证预测模型。建模时利用全交叉验证法选择最佳主成分数,主成分选择时应避免“过拟合”或“欠拟合”现象。

1.5 光纤探头与检测点不同距离下光谱校正方法

提取 40 个样品预处理后各个波段点的漫反射数据,光纤探头与检测点距离在 4 ~ 18 mm 时的单波段漫反射数据校正步骤如下:

(1) 计算单波段相对漫反射数据。以波段点为单位获取相同波段点光纤探头与检测点不同距离下的漫反射数据,计算公式为

$$R_{\lambda r}(i,d) = \frac{R_{\lambda}(i,d)}{R_{\lambda}(i,d_0)}$$
 (1)

式中 $R_{\lambda r}(i,d)$ ——波长 λ 处的第 i 样品在光纤探头与检测点距离为 d 时的相对漫反射数据

$R_{\lambda}(i,d)$ ——波长 λ 处的第 i 样品在光纤探头与检测点距离为 d 时的漫反射数据

$R_{\lambda}(i,d_0)$ ——波长 λ 处的第 i 样品在光纤探头与检测点距离为 d_0 时的漫反射数据

(2) 寻求最优拟合方程。拟合方程的自变量是光纤探头与检测点的实际距离,拟合方程由相关系数和均方根误差进行评价,确定最优拟合方程 $p_{\lambda}(d)$ 。

分析试验数据,五次多项式对所有有效波段拟合相关系数均大于 0.999,均方根误差在 0.018 7 ~ 0.242 2 范围内;指数函数对所有有效波段拟合相关系数在 0.945 ~ 0.995 之间,均方根误差在 0.115 5 ~ 0.564 5 范围内。拟合结果表明五次多项式能够较好地拟合每一波段相对光谱随检测距离变化的变化

规律。

(3) 用最优拟合方程获取光纤探头与检测点不同距离时的拟合值 $p_{\lambda}(d)$, 通过 Matlab 的 polyval 命令可得到拟合值。

(4) 获取感兴趣波段点在光纤探头与检测点特定距离的校正光谱数据, 公式为

$$R_{Ci}(\lambda, d_0) = \frac{R_{\lambda}(i, d_0)}{p_{\lambda}(d)}$$

(2)

式中 $R_{Ci}(\lambda, d_0)$ ——波长 λ 处第 i 样品在光纤探头与检测点距离为 d_0 时校正后的漫反射数据

2 结果与讨论

2.1 光纤探头与检测点不同距离的光谱变化规律

图 2 为试验中一样品光谱曲线随光纤探头与检测点距离变化规律图, 可以看出样品漫反射曲线在光纤探头与检测点距离一定范围内其形状基本保持

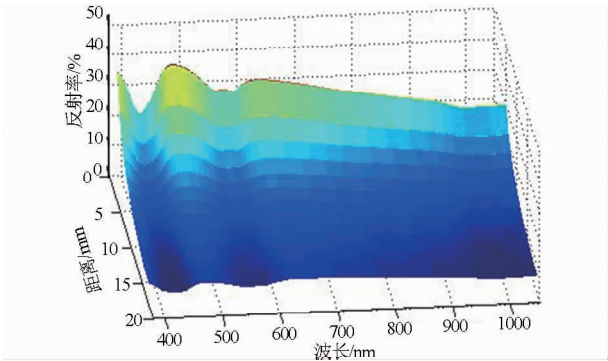


图 2 猪肉背肌漫反射光谱曲线随光纤探头与检测点距离变化规律

Fig.2 Sample diffuse reflection spectrum curve changing rule at different distance

不变, 单一波长下的漫反射数据随二者距离的减小而不断增大, 但当距离减小到某一特定数值时反射率达到极值不再增大反而降低。这是因为畜肉品质安全光谱检测时漫反射和吸收同时存在, 光纤探头与检测点距离较大时样品的漫反射光谱占主导地位, 当光纤探头与检测点距离较小时样品的吸收光

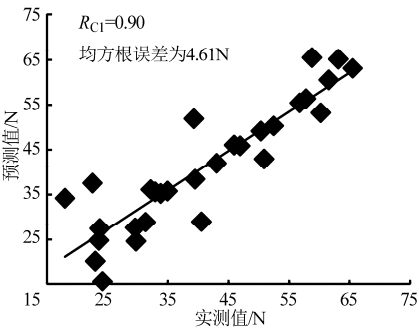


图 3 光纤探头未调整时 PLSR 嫩度预测模型的预测结果

Fig.3 PLSR prediction result of tenderness when probe was unadjusted

谱占主导地位。

2.2 嫩度模型建立及评价

应用 PLSR 回归方法分别建立光纤探头与检测点距离固定时和二者距离为 4 ~ 18 mm 时的嫩度预测模型。结果表明, 光纤探头与检测点距离固定时当主成分数为 10 时预测结果最好, 校正集的预测相关系数 R_{C1} 为 0.90, 均方根误差为 4.61 N; 预测集的相关系数 R_{V1} 为 0.82, 均方根误差为 5.82 N, 图 3 为其校正集和预测集的预测值与实测值的关系图。利用光纤探头与检测点距离在 4 ~ 18 mm 范围内同一距离下的光谱数据分别建立嫩度预测模型, 二者距离为 13 mm 时的预测模型预测效果最好, 主成分数是 11。其校正集相关系数 R_{C2} 为 0.93, 均方根误差为 4.50 N; 预测集相关系数 R_{V2} 为 0.90, 均方根误差为 4.80 N, 图 4 为光纤探头与检测点距离是 13 mm 时校正集和预测集的预测值与实测值的关系图。

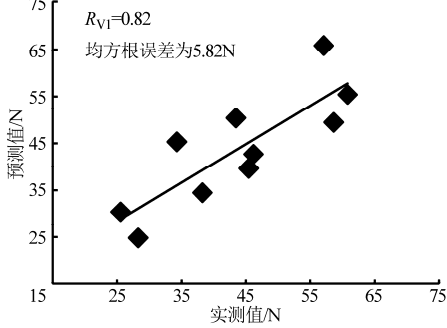
2.3 校正光谱曲线及对预测模型的影响

利用五阶拟合方程对 4 ~ 18 mm 的光谱数据进行校正, 并结合 13 mm 时的嫩度预测模型预测预测集样品, 预测结果如表 1 所示。表 1 表明, 用校正后的光谱数据预测猪肉嫩度时预测集的相关系数大幅提高, 均方根误差大幅降低; 但使用 18 mm 时的校正光谱数据预测猪肉嫩度时预测集的相关系数降低, 均方根误差有所升高, 主要是因为此时样品光谱数据有局部饱和现象发生。

2.4 讨论

生鲜猪肉背肌被可见/近红外光照射时, 漫反射和吸收同时存在。当光纤探头与检测点距离较大时漫反射光谱占主导地位, 且随着二者距离的减小同一样品的漫反射光谱数值不断增大。当二者距离降低到某一特定值时吸收光谱开始占主导地位, 漫反射光谱数值急剧下降。

用五次多项式拟合猪肉样品相对光谱数据校正光纤探头与检测点距离不同对预测结果影响的方法可用于可见/近红外光谱采集, 尤其是二者距离在 4 ~ 17 mm 范围内的猪肉品质光谱采集系统中。各



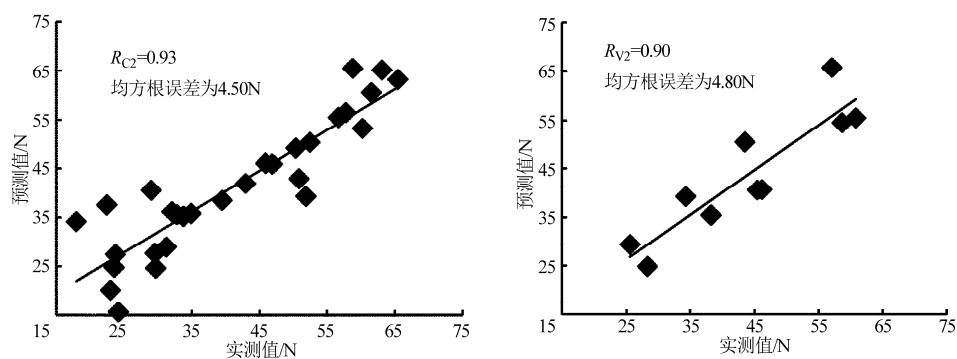


图 4 利用 13 mm 光谱曲线建立 PLSR 嫩度预测模型的预测结果

Fig. 4 PLSR prediction result of tenderness using spectral data at 13 mm

波段点五次多项式拟合方程的系数及光纤探头与检测点距离范围需由可见/近红外光谱采集系统参数来决定。

表 1 利用 13 mm 时的 PLSR 模型和校正后光谱数据预测猪肉嫩度结果

Tab.1 Pork tenderness prediction results using prediction model at 13 mm and calibrated spectral data in other distances

距离/mm	R_V	均方根误差/N
4	0.83	5.75
5	0.83	5.76
6	0.86	5.38
7	0.85	5.45
8	0.88	5.05
9	0.86	5.27
10	0.88	5.03
11	0.87	5.15
12	0.89	4.95
13	0.90	4.80
14	0.86	5.25
15	0.85	5.35
16	0.86	5.24
17	0.85	5.36
18	0.41	11.74

基于光谱技术的肉品质快速无损检测是利用光谱数据和相应的理化指标建立基于统计理论的预测模型。光纤探头与检测点的距离影响光谱数据,相对光谱数据与距离是一一对应的关系。研究结果表明光纤探头与检测点距离固定时的嫩度 PLSR 预测模型如下:主成分数为 10 时预测结果最好,校正集的预测相关系数 R_{C1} 和均方根误差分别为 0.90、4.61 N;预测集的相关系数 R_{V1} 和均方根误差分别为 0.82、5.82 N。光纤探头与检测点不同距离时使用校正后的光谱数据建立猪肉嫩度预测模型,预测结

果如表 1 所示。可见,在肉品质光谱检测时光纤探头与检测点距离对预测模型影响极大,是不容忽视的变量;但使用校正后的光谱数据建立猪肉嫩度 PLSR 预测模型有了明显的改进。

取样时很难保证肉块表面平整光滑,但基于光谱技术的肉品质快速无损检测是基于点检测,因此只要保证光纤探头到检测点的距离准确即可。试验系统中使用的激光位移传感器在标准距离时光点直径为 0.5 mm,重复定位精度为 30 μ m,从而保证了光纤探头与检测点距离的准确性。在基于光谱技术的肉品质在线检测时可将测距传感器和升降机构组成距离调节系统,当光纤探头与检测点大于 18 mm 时使用升降机构将样品检测点调至指定的距离;当二者距离大于 17 mm 时只需使用具有光谱校正功能的上位机软件进行光谱校准。

3 结论

(1) 光纤探头与检测点距离未调整时校正集的预测相关系数为 0.90,均方根误差为 4.61 N;预测集的相关系数为 0.82,均方根误差为 5.82 N;利用光纤探头与检测点距离在 4 ~ 18 mm 范围内相同距离下的光谱数据建立嫩度预测模型,13 mm 时的预测模型预测效果最好,其校正集相关系数为 0.93,均方根误差为 4.50 N;预测集相关系数为 0.90,均方根误差为 4.80 N。

(2) 五次多项式较好地拟合猪肉样本 4 ~ 18 mm 各波段漫反射光谱数据的相对变化规律,拟合相关系数均大于 0.999,均方根误差在 0.018 7 ~ 0.242 2 范围内。将猪肉样本 4 ~ 17 mm 的漫反射光谱数据校正,用 13 mm 的嫩度预测模型对校正后预测集的光谱数据进行预测,预测结果优于二者距离固定时的嫩度预测结果。

参 考 文 献

1 姚胜,武国峰,周舒珂,等. 实验误差对近红外模型准确性的影响[J]. 光谱学与光谱分析,2011,31(5):1216-1219.
Yao Sheng, Wu Guofeng, Zhou Shuke, et al. The influence of reference data noise on the NIR prediction results [J].

- Spectroscopy and Spectral Analysis, 2011, 31(5):1216–1219. (in Chinese)
- 2 褚小立,袁洪福,陆婉珍. 基础数据准确性对近红外光谱分析结果的影响[J]. 光谱学与光谱分析,2005,25(6):886–889.
Chu Xiaoli, Yuan Hongfu, Lu Wanzhen. Effects of the accuracy of reference data on NIR prediction results[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2005, 25(6):886–889. (in Chinese)
- 3 蒋焕煜,谢丽娟,彭永石,等. 温度对叶片近红外光谱的影响[J]. 光谱学与光谱分析,2008,28(7):1510–1513.
Jiang Huanyu, Xie Lijuan, Peng Yongshi, et al. Study on the influence of temperature on near infrared spectra [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2008, 28(7):1510–1513. (in Chinese)
- 4 周莹,傅霞萍,应义斌. 湿度对近红外光谱检测的影响[J]. 光谱学与光谱分析,2007,27(11):2197–2199.
Zhou Ying, Fu Xiaping, Ying Yibin. Effect of humidity on detection of near-infrared spectra [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2007, 27(11):2197–2199. (in Chinese)
- 5 鲁翠萍,刘文清,赵南京,等. 湿度对激光诱导土壤等离子体特性的影响[J]. 光谱学与光谱分析,2010,30(11):2885–2888. (in Chinese)
Lu Cuiping, Liu Wenqing, Zhao Nanjing, et al. Influence of humidity on characteristic of laser-induced soil plasmas [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2010, 30(11):2885–2888. (in Chinese)
- 6 吴传庆,王桥,刘晓曼,等. 水体中泥沙对藻类光谱特征位置的影响分析[J]. 中国环境监测,2008,24(4):35–38.
Wu Chuanqing, Wang Qiao, Liu Xiaoman, et al. Analysis of soil influence to algae spectrum's characteristic positions [J]. Environmental Monitoring in China, 2008, 24(4):35–38. (in Chinese)
- 7 王涛,刘洋,吴海云,等. 叶面尘对作物反射光谱及氮营养监测的影响[J]. 光谱学与光谱分析,2012,32(7):1895–1898.
Wang Tao, Liu Yang, Wu Haiyun, et al. Influence of foliar dust on crop reflectance spectrum and nitrogen monitoring [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2012, 32(7):1895–1898. (in Chinese)
- 8 陈金忠,张琳晶,张晓萍,等. 样品制备条件对激光诱导土壤等离子体辐射的影响[J]. 应用激光,2009,29(2):161–164.
Chen Jinzhong, Zhang Linjing, Zhang Xiaoping, et al. Influence of sample's preparation conditions on laser-induced soil plasma radiation [J]. Applied Laser, 2009, 29(2):161–164. (in Chinese)
- 9 许文丽,孙通,吴文强,等. 脐橙放置方位对近红外光谱检测结果的影响[J]. 光谱学与光谱分析,2012,32(11):3002–3005.
Sun Wenli, Sun Tong, Wu Wenqiang, et al. Near-infrared spectrum detection result influenced by navel oranges placement position [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2012, 32(11):3002–3005. (in Chinese)
- 10 王一兵,王红宇,翟宏菊,等. 近红外光谱分辨率对定量分析的影响[J]. 分析化学,2006(5):699–701.
Wang Yibing, Wang Hongyu, Zhai Hongju, et al. Influence of near infrared spectral resolution on the quantitative analysis [J]. Chinese Journal of Analytical Chemistry, 2006(5):699–701. (in Chinese)
- 11 杜薇,罗阿理,赵永恒. 光谱分辨率和信噪比对光谱线指数测量精度的影响[J]. 光谱学与光谱分析,2012,32(7):1886–1890.
Du Wei, Luo Ali, Zhao Yongheng. Effects of spectral resolution and noise on the measurement of indices [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2012, 32(7):1886–1890. (in Chinese)
- 12 蒋焕煜,彭永石,谢丽娟,等. 扫描次数对番茄叶漫反射光谱和模型精度的影响研究[J]. 光谱学与光谱分析,2008,28(8):1763–1766.
Jiang Huanyu, Peng Yongshi, Xie Lijuan, et al. Study on the influence of scan number on near-infrared diffuse spectra of tomato leaf and model precision [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2008, 28(8):1763–1766. (in Chinese)
- 13 夏俊芳,李培武,李小昱,等. 不同预处理对近红外光谱检测脐橙 VC 含量的影响[J]. 农业机械学报,2007,38(6):107–111.
Xia Junfang, Li Peiwu, Li Xiaoyu, et al. Effect of different pretreatment method of nondestructive measure vitamin C content of umbilical orange with near-infrared spectroscopy [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007, 38(6):107–111. (in Chinese)
- 14 李小昱,钟雄斌,刘善梅,等. 不同品种猪肉 pH 值高光谱检测的模型传递修正算法[J]. 农业机械学报,2014,45(9):216–222.
Li Xiaoyu, Zhong Xiongbin, Liu Shanmei, et al. Comparison of transfer and correctional methods for pork pH value detection of different varieties by hyperspectral imaging technique[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2014, 45(9):216–222. (in Chinese)
- 15 李华,王菊香,郭恒光,等. 光谱预处理方法对混胺近红外定量模型影响的研究[J]. 分析科学学报,2010,26(5):551–554.
Li Hua, Wang Juxiang, Guo Hengguang, et al. Influence of spectra pretreatment on calibration models of quantitative analysis of mixed amine by near infrared spectroscopy [J]. Journal of Analytical Science, 2010, 26(5):551–554. (in Chinese)
- 16 周扬,戴曙光,吕进,等. 光谱预处理对近红外光谱快速检测黄酒酒精度的影响[J]. 光电工程,2011,38(4):54–58.
Zhou Yang, Dai Shuguang, Lü Jin, et al. Effect of spectral pretreatment on near infrared spectroscopy for rapid detection of wine alcohol [J]. Opto-Electronic Engineering, 2011, 38(4):54–58. (in Chinese)
- 17 胡耀华,熊来怡,蒋国振,等. 基于可见光和近红外光谱鲜猪肉蒸煮损失和嫩度检测的研究[J]. 光谱学与光谱分析,2010,30(11):2950–2953.

Hu Yaohua, Xiong Laiyi, Jiang Guozhen, et al. Measurement of cooking loss and tenderness of fresh pork using visible/near infrared spectroscopy[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis,2010, 30(11):2950–2953. (in Chinese)

18 Liao Yitao, Fan Yuxia,Cheng Fang. On-line prediction of fresh pork quality using visible/near-infrared reflectance spectroscopy[J]. Meat Science,2010,86(4):901–907.

19 Monroy M, Prasher S, Ngadi M O, et al. Pork meat quality classification using visible/near-infrared spectroscopic data[J]. Biosystems Engineering,2010,107(3):271–276.

20 Tao Feifei, Peng Yankun, Li Yongyu, et al. Simultaneous determination of tenderness and *Escherichia coli* contamination of pork using hyperspectral scattering technique[J]. Meat Science,2012,90(3):851–857.

21 张雷蕾,彭彦昆,刘媛媛,等. 冷却肉微生物污染和肉色变化的 Vis/NIR 光谱无损检测[J]. 农业机械学报,2013,44(增刊 1):159–164.

Zhang Leilei, Peng Yankun, Liu Yuanyuan, et al. Non-invasive detection to TVC and color of chilled pork based on Vis/NIR spectroscopy[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2013,44(Supp. 1):159–164. (in Chinese)

22 张海云,彭彦昆,王伟,等. 生鲜猪肉主要品质参数无损在线检测系统[J]. 农业机械学报,2013,44(4):146–151.

Zhang Haiyun, Peng Yankun, Wang Wei, et al. Nondestructive real-time detection system for assessing main quality parameters of fresh pork[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2013,44(4):146–151. (in Chinese)

Analysis and Calibration on Effect of Distance between Probe and Sample on Spectral Detection of Meat Quality

Liu Yuanyuan^{1,2} Peng Yankun¹ Zhang Leilei¹ Wang Wenxiu¹ Zheng Xiaochun¹
(1. College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China
2. College of Mechanic and Electrical Engineering, Tarim University, Alar 843300, China)

Abstract: In order to minimize the great influence of the distance between fiber-optics probe and sample surface point on prediction results in livestock products quality and safety detection, the spectral change rules with change distances, and proposed a calibration method for the collected spectra were analyzed. Pork tenderness was investigated, and the calibration result of the proposed method was verified. First, VIS/NIR spectral data of pork (*longissimusdorsi* muscle) was collected by a fixed probe with the changing distance between 4 and 18 mm. Then, the spectral data collected under each condition were preprocessed by the same method and PLSR prediction models were established. The correlation coefficient and root meansquare error of validation set were 0.82 and 5.82 N respectively with unadjusted probe. Between 380 nm and 1 050 nm, all the fitting coefficients obtained were higher than 0.999 with root mean square errors in the range of 0.018 7~0.242 2 when the spectral data at the distance of 4~18 mm were calibrated to 13 mm by fifth-order polynomial fitting. The correlation coefficient and root mean standard error for pork tenderness prediction were in the range of 0.83~0.90 and 4.80~5.75 N respectively when the distance was at 4~17 mm, by using the fitted spectral data and the best prediction model. The results show that the proposed method can overcome the influence of different distances on pork quality prediction by calibrating the spectral data.

Key words: Pork Quality Visible/near infrared spectroscopy Detection distance Data correction