

便携式生鲜猪肉多品质参数同时检测装置研发

孙宏伟, 彭彦昆^{*}, 林 琬

(中国农业大学工学院, 国家农产品加工技术装备研发分中心, 北京 100083)

摘 要: 针对农畜产品检测现场的需求, 基于可见/近红外光谱检测技术和嵌入式系统, 开发了灵活方便的猪肉品质无损检测装置。该装置利用卤素灯作为光源, 新型光导探头和微型光谱仪采集肉样光谱信息, 通过 ARM (advanced RISC machines) 控制处理器进行集中控制和数据的处理; 在内嵌 linux 操作系统上, 采用 Qt 开发工具, 设计出人性化的交互界面, 并将猪肉品质的检测结果输出到装置触摸屏上。为了建立多品质无损检测数学模型, 获取了猪肉里脊在 400~1 000 nm 波长范围内的光谱数据, 通过国标方法测得猪肉里脊主要品质参数颜色 (L^* 、 a^* 、 b^*) 和 pH 值, 采用标准正态变量变换 (standard normalized variate, SNV) 和 Savitzky-Golay (S-G) 平滑对光谱数据进行预处理, 并结合理化数据建立偏最小二乘 (partial least squares regression, PLSR) 模型。用全交叉验证法选取 PLSR 建模的主成分数。pH 值、 L^* 、 a^* 和 b^* 的预测相关系数为 0.88、0.90、0.97 和 0.97, 预测标准差为 0.19、1.77、1.17 和 0.63。通过现场试验表明, 轻便式多品质无损检测装置具有较高的检测精度, 满足于猪肉的颜色和 pH 值等品质参数检测的要求。

关键词: 光谱分析; 肉; 模型; 猪肉; 偏最小二乘模型

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2015.20.037

中图分类号: TS251.7; S237

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2015)-20-0268-06

孙宏伟, 彭彦昆, 林 琬. 便携式生鲜猪肉多品质参数同时检测装置研发[J]. 农业工程学报, 2015, 31(20): 268—273.

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2015.20.037 <http://www.tcsae.org>

Sun Hongwei, Peng Yankun, Lin Wan. Development of a portable device for simultaneous detection on multi-quality attributes of fresh pork[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2015, 31(20): 268—273. (in Chinese with English abstract) doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2015.20.037 <http://www.tcsae.org>

0 引 言

随着中国经济社会的发展, 人们生活水平不断提高, 畜禽生鲜肉的需求量迅速增加。据国家统计局统计, 2014 年肉类产品产量 8 706.74 万 t, 其中猪肉产量为 5 671.39 万 t, 占肉类产量的 65.1%, 因此猪肉品质安全问题受到了人们越来越多的关注。pH 值、颜色、含水率、嫩度等都是生鲜猪肉品质安全重要参数, 其中 pH 值、颜色更是直接影响消费者购买欲望^[1-3]。传统检测方法主要有感官评定、化学方法测量, 但这些方法具有主观性太强或检测效率低并且大多也都有随机抽检的缺点。近年来, 随着光学技术的发展, 研究表明可见/近红外光可以用于对肉样进行各种成分或结构分析, 由于其具有无损、快速、可在线 3 个技术特征, 并且易于与机械技术、电子技术和计算机技术相融合, 成为最重要的农畜产品无损检测技术之一^[4-8]。

光谱技术在农畜产品理化指标检测方面的应用有了较为深入的研究。在国外, Juliana 等^[9]利用 400~1 495 nm 可见/近红外反射光谱所建偏最小二乘 (partial least squares regression, PLSR) 模型预测猪肉的 pH 值、颜色、

肌内脂肪含量、剪切力, 并以此将样本根据嫩度、多汁性进行分类。其中 pH 值和 L^* 、 a^* 、 b^* 的回归系数分别为 0.75、0.77、0.84、0.81。Monroy 等^[10]利用可见、近红外技术 (350~2 500 nm) 基于猪肉的颜色、组织和渗水性的 3 个品质参数进行分类, 采用逐步回归法寻找特征波长, 结合留一法和五折交叉验证进行分析对猪肉进行分类的正确率达到 79%, 该研究进一步证明了可见/近红外光谱用于猪肉品质检测与分类的可行性。国内农畜产品光谱技术检测也取得了较大的进展, 廖宜涛等^[11]利用可见/近红外在线检测装置和系统预测猪肉 pH 值, 多元散射校正结合一阶微分预处理的模型和 pH 值的相关系数为 0.925。随着可见/近红外光谱技术的快速发展, 手持式检测设备以其体积小、易便携、使用简单等特点在农畜产品品质安全检测方面有独特的优势, 具有很大的实用和推广价值^[12-14]。

本文利用自行搭建的轻简便携式系统, 采集肉样可见/近红外反射光谱, 建立生鲜猪肉的 pH 值、颜色 (L^* 、 a^* 、 b^*) 参数模型, 设计并开发生鲜猪肉品质参数检测软件。有效解决传统光谱检测系统体积大、不方便移动等问题。

1 检测装置结构及工作原理

1.1 结构组成

轻简便携式检测装置由光源模块、光谱检测模块、ARM 控制处理模块、触摸屏模块四部分组成。

光源模块选择波长范围覆盖可见/近红外两个波段的

收稿日期: 2015-07-08 修订日期: 2015-08-28

基金项目: 公益性行业科研专项 (201003008)

作者简介: 孙宏伟, 男, 山东人, 研究方向: 农畜产品品质安全无损检测技术及装备。北京 中国农业大学工学院, 100083。Email: hwsun06@163.com
*通信作者: 彭彦昆, 男, 山东人, 教授, 博士生导师, 研究方向: 农畜产品品质安全无损检测技术及装备。北京 中国农业大学工学院, 100083。

Email: ypeng@cau.edu.cn

卤素灯；光谱检测模块包括有光导探头、光谱仪（USB4000, Oceanoptics Inc., USA）和传输光纤；ARM 控制处理模块选用 SUMSUNG 公司 S3C6410 芯片；触摸屏模块为 7 寸 LCD 液晶触摸显示器（AT070TN83, 深圳群创电子有限公司）。系统结构示意图如图 1 所示。

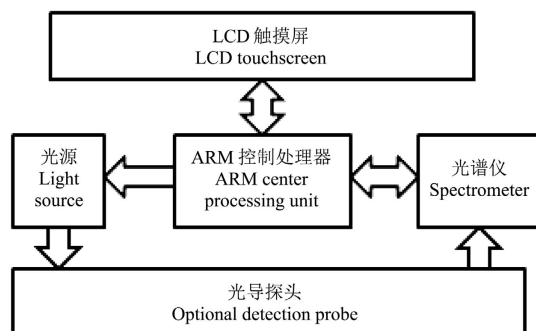


图 1 系统结构示意图

Fig.1 Schematic diagram of system structure

1.2 工作原理

卤素灯发出 350~2 500 nm 波长的光，通过光源光纤传输到检测探头，到达待检测肉样表面，经过肉样内部组织的吸收和漫反射，再由接收光纤采集肉样反射回来的光，经过光谱仪将光信号转换为电信号，ARM 控制处理器对光谱数据进行运算处理，并将检测结果显示到 LCD 显示器上。

2 猪肉 pH 值、颜色（L*、a*、b*）模型创建

2.1 试验材料

试验材料为屠宰后经过 24 h 排酸的新鲜猪肉背部里脊（北京鹏程食品有限公司），立即用储运箱运至实验室。将里脊切割为尺寸大小约 10 cm×8 cm×3 cm 的肉块。把切割好的肉块编好号，共采用 39 块样品，再从中随机选取 10 个作为预测集，其余 29 个用作校正集。

2.2 光谱数据采集

打开轻便便携式检测装置光源预热 3 min，同时对装置检测参数进行设置，包括光谱仪积分时间、像素平滑窗口宽度、扫描次数。光谱仪积分时间的确定决定于该装置所采用光源强度，为保证光谱仪工作稳定性和较高的灵敏度，该装置积分时间选择为 7 ms，从而可以满足标准白板反射强度为光谱仪最大检测限的 80% 左右。为了提高光谱信噪比有效去除随机噪声，同时不至于平滑掉有用信息，该装置在软件数据处理部分采用 S-G 卷积平滑，因此像素平滑窗口宽度设置为 1^[15]。为了确定最佳的采样次数，用该装置以 10、20、40、80 和 100 为采样次数分别进行试验，最后综合 pH 值、L*、a* 和 b* 各指标预测精度，确定采样次数为 60 次^[16]。

肉块在 20℃ 室温下静置 30 min 后，将装置探头放置在标准校正白板，采集白参考，放置在标准黑板，采集黑参考。再对猪肉样本进行光谱数据采集，把探头放置在样本表面，尽量避开结缔组织和脂肪，每个样本分别采集 3 个不同点的光谱信息。

2.3 理化指标参照值测定

采集完光谱信息的猪肉样本立即用国标方法进行肉品 pH 值、颜色（L*、a*、b*）值的测定，测定结果如表 1 所示。

表 1 猪肉样本理化指标统计结果

Table 1 Quality traits of pork samples for quality values

指标参数 Parameters	平均值 Average	最大值 Maximum	最小值 Minimum	标准方差 σ
pH 值 pH Value	5.92	7.04	5.34	0.44
L*	43.21	52.55	33.83	4.00
a*	8.01	13.43	3.93	1.62
b*	-4.61	4.86	-8.58	1.25

注：在 L*a*b* 彩色空间中，L* 分量表示明亮度；a* 分量表示红-绿色轴值；b* 分量表示蓝-黄色轴值。

Note: In L*a*b* color space, L* shows the value of brightness; a* expresses the red-green axis, and b* expresses the blue-yellow axis.

用电极式梅特勒-托利实验室 pH 值计（METTLER TOLEDO FE20, 瑞士）对肉样酸碱度进行测定，每个样本在不同位置测量 5 次，平均值作为该样本的 pH 值。

用便携式精密色差计（HP-200, 上海汉普光电科技有限公司）进行肉样颜色（L*、a*、b*）的测定，L* 值表示肉样的亮度，a* 值表示肉样的绿红值，b* 值表示肉样的蓝黄值。将色差仪检测探头贴合在肉样表面，按动测试按钮，同一个肉样在不同部位测量 5 次，求平均值作为该肉样的颜色。

2.4 光谱数据预处理

利用 Matlab 7.0（The Mathworks Inc.）软件对所采集的光谱数据进行分析 and 处理。首先在原始光谱曲线中，光谱数据所混杂的噪声较多，尤其是 USB4000 光谱仪检测限的两端，信噪较低，为了提高模型的检测精度，选取 400~1 000 nm 波长下的光谱数据进行处理和建模。

轻便便携式检测装置是基于猪肉样本反射光谱，因此选择肉样光谱的反射率作为光谱信息的研究参数。反射率的计算公式如下：

$$R = \frac{I_{\text{肉样}} - I_{\text{黑参考}}}{I_{\text{白参考}} - I_{\text{黑参考}}} \quad (1)$$

式中：R 为该检测肉样光谱反射率； $I_{\text{肉样}}$ 为检测肉块所反射的光谱强度； $I_{\text{白参考}}$ 为标准校正白板反射的光谱强度； $I_{\text{黑参考}}$ 为标准黑板反射的光谱强度^[17]。

由于在光谱信息采集中，通常会伴随有噪声，为了提高模型的鲁棒性，消除肉样中杂质或像素奇异点带来的噪声，选择 S-G 5 点平滑^[18]。从图 2a 原始光谱图中可以看到，不同光谱曲线之间的差异较大，这主要是由于在光谱信息采集过程中常常会伴随基线漂移、样本颗粒大小和光散射等噪声信息夹入，为提高模型的可靠性和稳定性，选择标准正态变量变换（standard normalized variate, SNV）的方式进行光谱数据处理^[19]。采集的光谱数据经过 S-G 5 点平滑和 SNV 处理效果如图 2b 和图 2c 所示。

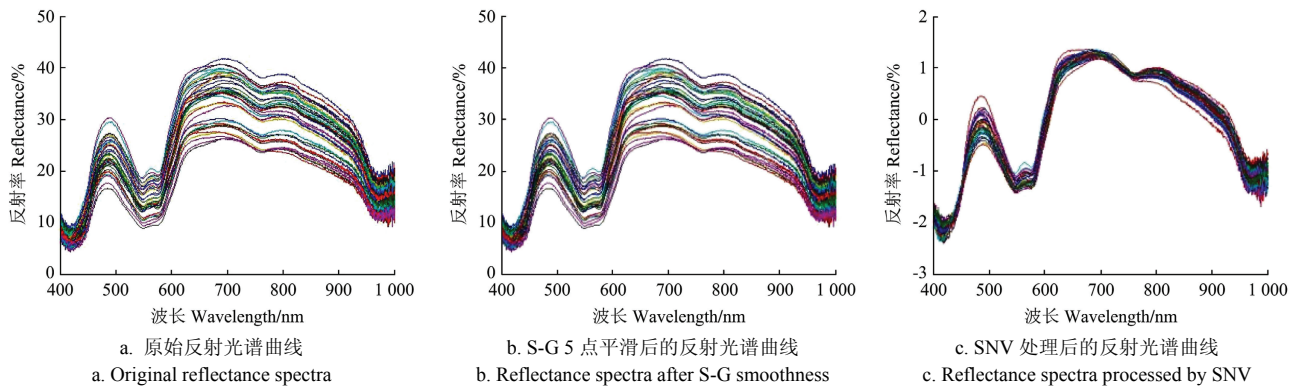


图 2 39 个猪肉样品光谱曲线

Fig.2 Reflectance spectra of 39 pork samples

2.5 偏最小二乘模型的建立和评估

以经过 S-G 5 点平滑和 SNV 标准正态变量变换后的光谱数据和国标测定的 pH 值、颜色理化指标参考值作为自变量和因变量, 建立偏最小二乘模型 (PLSR)。其中, 为了提高模型的预测能力, PLSR 模型中最佳主因子数的确定, 采用交叉验证方法, 选取交互验证标准误差最小时的主因子数^[20]。

通过 PLSR 建模, 从而求出 pH 值、L*、a*、b*模型的系数矩阵 **B**。利用建立的 PLSR 预测模型对猪肉的 pH 值和颜色参数进行建模预测, 结果如表 2 所示。对于 pH 值来说, 经 SNV+SG 预处理光谱建立的 PLSR 模型效果较好, 校正集和预测集的相关系数分别为 0.97 和 0.94, 标准差分别为 0.12 和 0.17, 如图 3 所示。

表 2 基于 SNV+SG 预处理 PLSR 建立猪肉 pH 值和颜色的模型预测效果

Table 2 Result of pH, L*, a*, b* prediction model processed by Savitzky-Golay and SNV

指标参数 Parameter	主成分 分数	校正集 Calibration		预测集 Validation	
		R_c	SEC	R_v	SEP
pH 值 pH Value	7	0.97	0.12	0.94	0.17
L*	10	0.99	0.43	0.98	1.19
a*	9	0.99	0.16	0.95	0.42
b*	8	0.98	0.17	0.85	0.61

注: R_c 为校正集相关系数, SEC 为校正集标准差; R_v 为预测集相关系数, SEP 为预测集标准差。

Note: R_c is the correlation coefficient of calibration. SEC is the root mean square error of calibration. R_v is the correlation coefficient of validation. SEP is the root mean square error of validation.

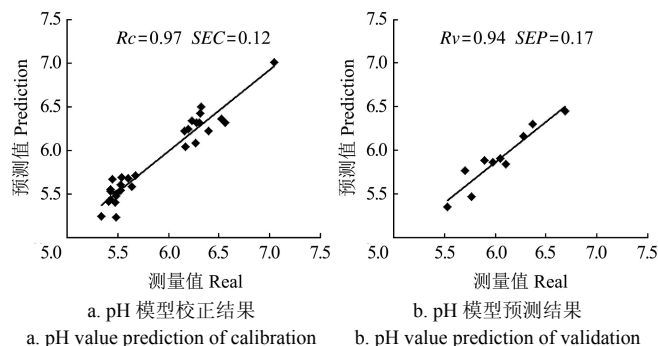


图 3 pH 值偏最小二乘模型预测结果

Fig.3 Validation result of PLSR model for pH value of pork samples

对于颜色参数 (L*、a*、b*) 来说, 预测相关系数分别为 0.98、0.95 和 0.85, 预测标准差分别为 1.19、0.42 和 0.61 (图 4, 图 5 和图 6)。

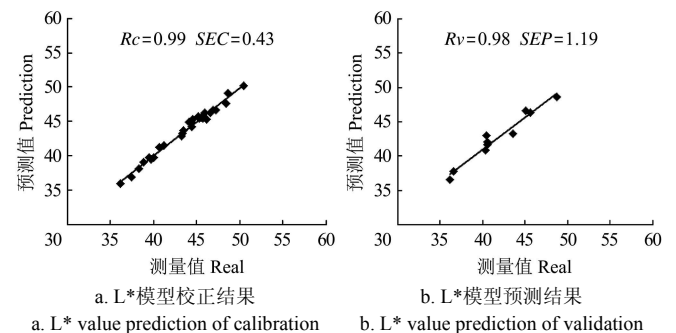


图 4 L* 值偏最小二乘模型预测结果

Fig.4 Validation result of PLSR model for L* value of pork samples

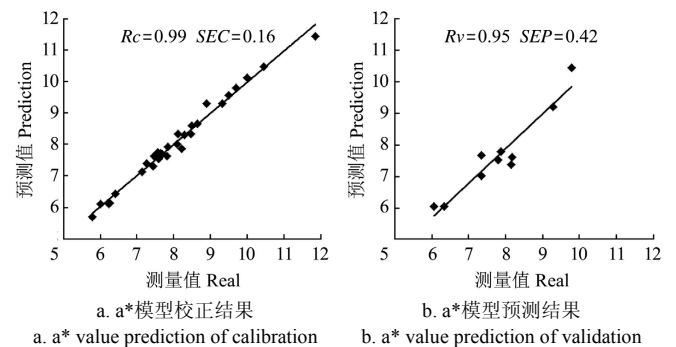


图 5 a* 值偏最小二乘模型预测结果

Fig.5 Validation result of PLSR model for a* value of pork samples

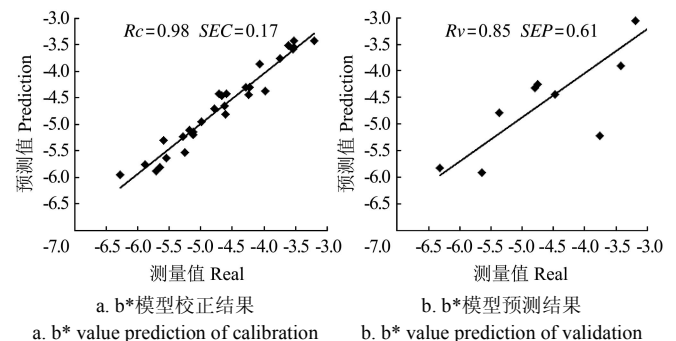


图 6 b* 值偏最小二乘模型预测结果

Fig.6 Validation result of PLSR model for b* value of pork samples

3 猪肉多品质检测应用程序的开发

便携式生鲜猪肉多品质检测应用程序主要包括界面显示单元、光谱数据采集单元、光谱数据处理单元，该应用程序是在嵌入式操作系统的支持下运行的，为了实现跨平台开发和运行，选择 Qt4 应用程序框架^[21]。

在光谱数据采集之前，先通过串口通信进行装置初始化设置，如：光谱仪积分时间、平滑度、通讯波特率等。为了使所建模型能以较高精度进行肉样的检测，使检测肉样时光谱仪的相关设置与创建模型时的设置保持相同。当肉样光谱数据采集完毕，CPU 将会先对原始光谱数据进行 S-G 5 点平滑和 SNV 变换，并与载入的 pH、L*、a*、b*模型的系数矩阵 **B** 进行运算，得出该肉样 pH 值、L*、a*、b*的预测值，并显示到软件界面上，如图 7 所示。

猪肉品质应用程序经过调试无误后，交叉编译下载到装置文件系统中。

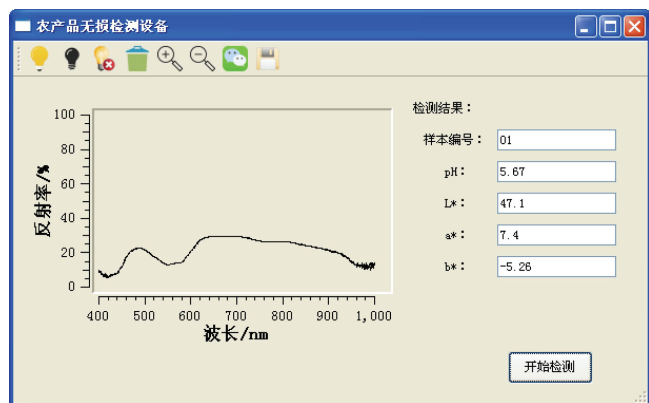


图 7 猪肉多品质同时检测软件界面

Fig.7 Interface of software for pork quality detection

4 便携式猪肉多品质装置试验测试

为了检验装置模型稳定性和可靠性，在超市农贸市场购置猪肉样品 41 块，并经过了装置的预热，使其光源稳定后，采集肉样反射光谱数据，预测猪肉品质参数 pH 值、L*、a*、b*值。随即用国标方法测出肉样以上品质参数的真实值，对比预测值和真实值，并分析装置检测性能。模型预测效果如表 3 所示。

表 3 试验测试结果
Table 3 Result of tests

检测参数 Parameters	样本数量 Number	Rv	SEP
pH 值 pH Value	41	0.88	0.19
L*	41	0.97	0.63
a*	41	0.97	1.17
b*	41	0.90	1.77

整个便携式猪肉多品质装置质量约 3.5 kg，体积 305 mm×150 mm×180 mm。装置实物如图 8 所示，为了实现其便携性能，在猪肉品质实时检测时，可以使用背带将装置背负在检测者身上，握住检测手柄，将检测探头对准猪肉样品，触动检测开关，LCD 显示出检测结果。



图 8 便携式猪肉品质检测装置实物图

Fig.8 Photo of portable device for detecting pork quality

5 结 论

本文以自行搭建的轻便便携式生鲜猪肉多品质参数同时检测装置为平台，采集猪肉里脊 400~1 000 nm 波长范围内可见/近红外反射光谱，利用 S-G 5 点平滑和标准正态变量变换 (standard normalized variate, SNV) 方法对光谱数据进行预处理，采用偏最小二乘回归法对猪肉 pH 值、颜色理化性质建模。并且用全交叉验证法评估模型的预测效果，pH 值、L*、a*和 b*的预测相关系数分别为 0.88、0.90、0.97 和 0.97，预测标准差为 0.19、1.77、1.17 和 0.63，计算出模型系数矩阵。在此基础上，设计开发了猪肉多品质检测应用程序，从而可以方便地检测并预测显示肉样的品质。

[参 考 文 献]

- [1] 刘媛媛, 彭彦昆, 王文秀, 等. 基于偏最小二乘投影的可见/近红外光谱猪肉综合品质分类[J]. 农业工程学报, 2014, 30(23): 306—313.
Liu Yuanyuan, Peng Yankun, Wang Wenxiu, et al. Classification of pork comprehensive quality based on partial least squares projection and Vis/NIR spectroscopy[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2014, 30(23): 306—313. (in Chinese with English abstract)
- [2] 成芳, 廖宜涛, 马君伟. 猪肉品质无损检测研究进展[J]. 浙江大学学报(农业和生命科学版), 2010, 36(2): 199-206.
Cheng Fang, Liao Yitao, Ma Junwei. Research development on nondestructive determination of pork quality[J]. Journal of Zhejiang University(Agric. & Life Sci.), 2010, 36(2): 199-206. (in Chinese with English abstract)
- [3] 马世榜, 汤修映, 徐杨, 等. 可见/近红外光谱结合遗传算法无损检测牛肉 pH 值[J]. 农业工程学报, 2012, 28(18): 263—268.
Ma Shibang, Tang XiuYing, Xu Yang, et al. Nondestructive determination of pH value in beef using visible/near-infrared spectroscopy and genetic algorithm[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2012, 28(18): 263—268. (in Chinese with English abstract)

- [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.
Hou Ruifeng, Huang Lan, Wang Zhongyi, et al. The preliminary study for testing freshness of meat by using near-infrared reflectance spectroscopy[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2006, 26(12): 2193—2196. (in Chinese with English abstract)
- [5] 熊欢, 徐惠荣, 周万怀, 等. 蛋壳品质的近红外光谱检测分析[J]. 农业工程学报, 2013, 29(增刊 1): 264—269.
Xiong Huan, Xu Huirong, Zhou Wanhui, et al. Detection of intact egg eggshell quality based on NIR spectra[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2013, 29(Supp.1): 264—269. (in Chinese with English abstract)
- [6] 石力安, 郭辉, 彭彦昆, 等. 牛肉含水率无损快速检测系统研究[J]. 农业机械学报, 2015, 46(07): 203—209.
Shi Li'an, Guo Hui, Peng Yankun, et al. Nondestructive rapid detection system for water content of beef[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery, 2015, 46(07): 203—209. (in Chinese with English abstract)
- [7] 岳学军, 全东平, 洪添胜, 等. 柑橘叶片叶绿素含量高光谱无损检测模型[J]. 农业工程学报, 2015, 31(1): 294—302.
Yue Xuejun, Quan Dongping, Hong Tiansheng, et al. Non-destructive hyperspectral measurement model of chlorophyll content for citrus leaves[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2015, 31(1): 294—302. (in Chinese with English abstract)
- [8] 彭彦昆, 张雷蕾. 农畜产品品质安全光学无损检测技术的进展和趋势[J]. 食品安全质量检测学报, 2012, 3(6): 561—568.
Peng Yankun, Zhang Leilei. Advancement and trend of non-destructive detection technology for assessing agro-products quality and safety[J]. Journal of Food Safety and Quality, 2012, 3(6): 561—568. (in Chinese with English abstract)
- [9] Juliana M B, Saulo da L S, Catarina A G, et al. Predicting pork quality using Vis/NIR spectroscopy[J]. Meat Science, 2015, 108: 37—43.
- [10] 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.
- [11] 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.
Liao Yitao, Fan Yuxia, Wu Xueqian, et al. Online determination of pH in fresh pork by visible/near-infrared spectroscopy[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2010, 30(3): 681—684. (in Chinese with English abstract)
- [12] Luis Fermin Capitan-Vallvey, Alberto J Palma. Recent developments in handheld and portable optosensing: A review[J]. Analytica Chimica Acta, 2011, 696(1/2): 27—46.
- [13] 魏康林, 温志渝, 郭建, 等. 基于微型光谱仪的多参数水质检测微系统设计实验[J]. 光谱学与光谱分析, 2012, 32(7): 2009—2014.
Wei Kanglin, Wen Zhiyu, Guo Jian, et al. The design and Experiment of multi-parameter water quality monitoring microsystem based on MOEMS microspectrometer[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2012, 32(7): 2009—2014. (in Chinese with English abstract)
- [14] 刘燕德, 高荣杰, 孙旭东. 便携式水果内部品质近红外检测仪研究进展[J]. 光谱学与光谱分析, 2010, 30(10): 2874—2878.
Liu Yande, Gao Rongjie, Sun Xudong. Review of portable NIR instruments for detecting fruit interior quality[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2010, 30(10): 2874—2878. (in Chinese with English abstract)
- [15] 刘燕德. 水果糖度和酸度的近红外光谱无损检测研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2006.
Liu Yande. Study on Methods of Nondestructive Measurement of Sugar Content and Acidity in Fruits Using Near-Infrared Spectroscopy[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2006. (in Chinese with English abstract)
- [16] 林琬. 轻便便携式生鲜肉品质无损检测装置的研发[D]. 北京: 中国农业大学, 2014.
Lin Wan. Development of Lightweight Portable Device for Rapid Nondestructive Detection of Fresh Meat Quality[D]. Beijing: China Agricultural University, 2014. (in Chinese with English abstract)
- [17] 赵杰文, 孙永海. 现代食品检测技术[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2008.
- [18] 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.
Zhang Leilei, Li Yongyu, Peng Yankun, et al. Determination of pork freshness attributes by hyperspectral imaging technique[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2012, 28(7): 254—259. (in Chinese with English abstract)
- [19] 王文秀, 彭彦昆. 基于近红外光谱的冷鲜肉-解冻肉的判别研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2014, 5(3): 754—760.
Wang Wenxiu, Peng Yankun. Discrimination of fresh and frozen-thawed meat based on near infrared spectroscopy[J]. Journal of Food Safety and Quality, 2014, 5(3): 754—760. (in Chinese with English abstract)
- [20] 褚小立. 化学计量学方法与分子光谱分析技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2011.
- [21] 郑阿奇, 陈超. Qt4 开发实践[M]. 北京: 电子工业出版社, 2011.

Development of a portable device for simultaneous detection on multi-quality attributes of fresh pork

Sun Hongwei, Peng Yankun^{*}, Lin Wan

(National R&D Center for Agro-processing Equipment, College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: For detecting the quality of pork, traditional optical equipment has high accuracy, whereas heavy weight, large size and high price make it difficult to use widely. The purpose of this research was to develop a portable optical device for detecting pork quality based on visible/near infrared spectroscopy and embedded system. This paper mainly explained the models building and the development of application software. Firstly, a compact and flexible system was made. Halogen lamp is as light source. To adapt to various complex environments, its hand-held probe can form black room on the surface of pork. Micro spectrometer (USB4000) receives and measures reflected light. ARM (advanced RISC machines) processor controls all parts in device and analyzes spectrum data. Based on Linux embedded operation system, liquid crystal display (LCD) touch screen interfaces with users. The whole weight of 3.5 kg makes it convenient for users. Secondly, collect the spectrum reflected from pork samples and build the partial least squares regression (PLSR) model. Before these, spectrometer parameters should be set, so that it works under the best conditions. Integration time of USB4000 was set to 7 ms, pixel boxcar width zero. Thus the reflection intensity of standard white plate was about 80% of spectrometer scale span. During experiment, after acquiring white and black spectrum data, detection probe was put on the surface of pork samples. Spectrum data in the wavelength range from 400 to 1 000 nm were collected from the surfaces of 39 pork samples, 29 spectra of which were as calibration, while others as validation. The acquired spectrum data were then processed by standard normalized variables (SNV) and Savitzky-Golay filter (S-G) to eliminate the spectra noise. After collecting the spectrum data, reference pH values of pork samples were immediately tested by pH meter (METTLER TOLEDO FE20, Switzerland), and color parameters (L^* , a^* , b^*) were measured by precision colorimeter (HP-200, Shanghai, China). The partial least squares regression (PLSR) was applied to establish the prediction models. Experiment results showed that prediction correlation coefficients of pH value, L^* , a^* and b^* were 0.94, 0.98, 0.95 and 0.85, and standard deviations of pH value, L^* , a^* and b^* were 0.17, 1.19, 0.42 and 0.61, respectively. Thirdly, application software was designed and developed for detecting the quality of pork. It consisted of spectrometer control unit, spectrum data acquisition unit, spectrum analysis unit, and displaying and saving unit for prediction result of pork quality. Particularly, in spectrometer control unit, all parameters of USB4000 were set as the same as those when building the PLSR models. The coefficients matrixes of models were loaded into pork quality detection software in spectrum analysis unit. After debugged, the application program detecting the quality of pork was cross-compiled, and downloaded into the device. Finally, the accuracy of models were tested. The reflect spectra of external 41 pork samples were collected and analyzed with the device. At the same time, the real values of these samples' pH, L^* , a^* and b^* were measured. For the pH value, the prediction model could give satisfactory results with the correlation coefficient (R_v) of 0.88 and the standard error of prediction (SEP) of 0.19. For the color L^* , a^* and b^* , the prediction models could gain prediction results with the R_v of 0.90, 0.97 and 0.97, and the SEP of 1.77, 1.17 and 0.63, respectively. In conclusion, the field application results indicate that this portable device can satisfy the requirements of meat quality detection with high accuracy and good performance.

Key words: spectral analysis; meats; models; pork; partial least squares regression