

# 牛肉品质快速检测装置的设计

郭辉<sup>1,2</sup>, 江发潮<sup>1</sup>, 彭彦昆<sup>1\*</sup>, 林琬<sup>1</sup>, 杨伟龙<sup>1</sup>

(1. 中国农业大学工学院, 北京 100083;

2. 新疆农业大学机械交通学院, 乌鲁木齐 830052)

**摘要:** **目的** 开发基于可见/近红外光谱技术的牛肉品质快速检测系统。**方法** 利用波长范围为400~2600 nm的光谱仪为核心检测部件, 结合控制器、光源、光纤等辅助装置构成了检测系统的硬件部分, 对32个牛肉通脊样本进行检测, 并用肉类嫩度仪进行验证。**结果** 27个样本为嫩肉, 5个样本为粗糙肉, 嫩度检测正确率为100%。**结论** 该装置能够对牛肉的嫩度品质进行较准确的检测。

**关键词:** 牛肉; 品质; 光谱技术; 检测装置

## Development of a rapid beef quality detection device

GUO Hui<sup>1,2</sup>, JIANG Fa-Chao<sup>1</sup>, PENG Yan-Kun<sup>1\*</sup>, LIN Wan<sup>1</sup>, YANG Wei-Long<sup>1</sup>

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

2. College of Mechanical and Traffic, Xinjiang Agriculture University, Urumqi 830052, China)

**ABSTRACT: Objective** To develop a rapid detection system of beef quality based on near-infrared reflectance spectroscopy(NIRS). **Methods** The spectrometer with the wavelength from 400 nm to 2600 nm as core component, controller, light source, and fiber were main parts of the detection device, which was used for detection of 32 samples of beef longissimus. The results were verified by meat tenderness instrument. **Results** A total of 27 samples of beef longissimus were tender meat and other 5 samples were rough meat. The accuracy rate was 100%. **Conclusion** The beef quality can be detected accurately by the detection device.

**KEY WORDS:** beef; quality; spectroscopy; detection device

## 1 引言

为了促进牛肉品质检测技术的发展, 国内外大量科研工作者对牛肉品质安全(如嫩度、持水力、多汁性、含水率、细菌总数等指标)的检测手段作了细致的研究<sup>[1-7]</sup>, 其中可见/近红外光谱技术是近几年发展起来的一门新技术, 该技术检测农产品的品质具有快速、无损, 可实现在线检测的特点<sup>[8-10]</sup>。目前基于近红外技术的牛肉品质参数检测方面已经有很多相关的研究, 并且在400~2500 nm波段取得了较好的效果<sup>[11-13]</sup>。

牛肉品质快速无损检测系统的开发, 目的是将近红外光谱技术在肉品无损检测领域实用化, 为牛肉品质快速无损检测提供技术、设备支持, 提高牛肉品质的检测精度和速率, 降低评级成本, 促进牛肉品质评级的推广。本系统设计以全波段可见近红外光谱仪为核心, 可对牛肉嫩度等指标进行同时检测。

## 2 检测装置的工作原理

牛肉品质快速检测装置的工作原理如图1所示。检测系统在开始工作时, 首先由检测人员将检测探头对准待测样本, 检测探头摆放到位后, 安装在

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(2012BAH04B02)

\*通讯作者: 彭彦昆, 教授, 博士生导师, 主要研究方向: 农畜产品品质安全无损检测技术与装备。E-mail: ypeng@cau.edu.cn

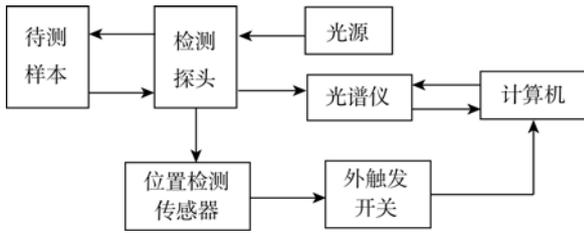


图 1 牛肉品质快速检测装置工作原理示意图

Fig. 1 Work principle of rapid detection device of beef quality

检测探头底部的位置传感器就会提示位置正确可以进行检测，此时检测人员就可以按下外触发开关，计算机接收到触发信号后，触发光谱仪工作，光谱仪通过检测探头提取样本的光谱信息，然后将光谱数据发送至计算机，计算机根据检测探头发回的光谱数据进行运算，提取有效的特征波长信息，最终得出样本的各待检参数的等级结果。

### 3 检测装置的硬件构成

基于可见近红外光谱的生鲜牛肉品质快速检测装置如图 2 所示，主要由检测探头、计算机、光谱仪(400~960 nm 波段)、光谱仪(900~2600 nm 波段)、光源、三分叉光纤、触发控制器等组成。

#### 3.1 光谱仪

光谱仪的性能直接影响系统的功能及性能，其中有效波长响应范围直接决定了光谱信息能否反映待测指标。分辨率和信噪比影响系统的灵敏度，AD 转换位数影响数据传送的速度，它们都对系统性能有重要影响。本系统采用两个波段范围的光谱仪组合，

有效波长响应范围覆盖 400~2600 nm，有效地覆盖水分、蛋白质、脂肪等指标的特征波段信息，可以满足牛肉品质、安全多指标的同时检测。

#### 3.2 光源

光源是光谱系统中非常重要的一部分，是获得样本有效光谱信息的保障，其中光源功率、有效波长范围及稳定性对检测结果至关重要。因此，本系统在选择光源时，充分考虑到所选光谱仪的响应范围、待测物品的光学特性，对光源的功率及有效波长进行了严格地控制，最终采用型号为 D-1001 的钨灯光源，其光的有效波长覆盖范围为 380~2600 nm，光输出功率为 50 W，线性误差<0.1%，灯泡寿命达 2000 h，当光源经过 10 min 的预热后，光源性能趋于稳定，漂移在 0.1% 以内。

采用 50 W 高功率卤钨灯，大大加强了反射信号的强度，可以使检测探头获取更强的样品表面光谱信号，同时光源范围覆盖 300~2600 nm 波段，去除能量不足边缘区间，该光源在 400~2400 nm 范围内，光的强度满足系统需求，收集的信号包含的信息也更为丰富。

#### 3.3 检测探头

探头是装置与被测样品直接联系的部分，直接影响到样品信号的采集，为了满足准确采集样本光谱信息的要求，在设计时要达到以下几个要求：1)支撑、固定标准反射光纤探头，确保光纤探头末端处于水平面上，从而保证光纤探头在工作时距离样本的高度一致，同时还要保护光纤，防止光纤因为过度弯

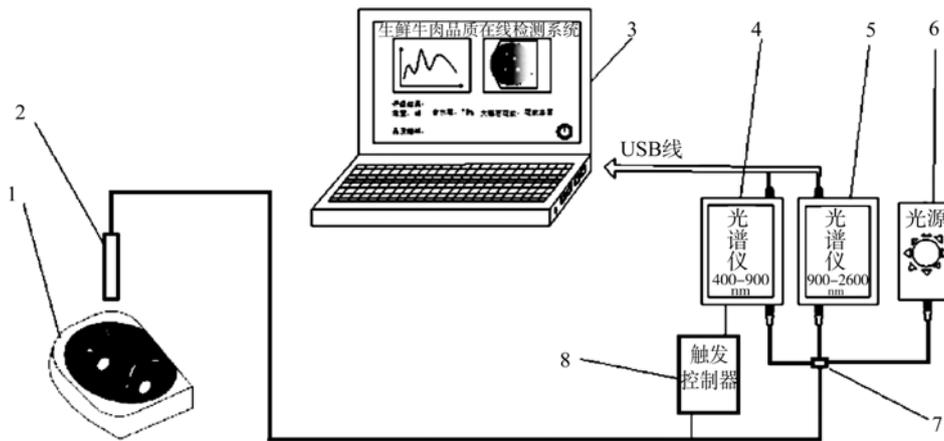


图 2 检测装置的构成

Fig. 2 Structure of the detection device

1. 待测样本 2. 检测探头 3. 计算机 4. 光谱仪(400~960 nm 波段) 5. 光谱仪(900~2600 nm 波段) 6. 光源 7. 三分叉光纤 8. 触发控制器

曲等因素折断; 2) 满足光纤探头的定位和调整要求, 以便在检测环境要求改变时, 可以相应地调整光纤探头的检测距离; 3) 准确固定探头到位检测开关组和手动触发开关, 确保探头到位检测的精度, 便于操作者正确地进行检测工作。

### 3.4 检测装置的检测部位

本装置以生鲜牛肉品质安全研究为主, 所选的检测指标如嫩度、含水率等, 在行业内都被高度重视, 但是由于目前快速无损检测技术不完善, 在国内屠宰企业中, 还无法对这些指标进行有效准确地在线检测并用于评级, 企业目前仍然以肉产量、颜色等外观指标为主要评级指标, 因此, 本研究在选取检测部位时, 充分考虑到企业的经济效益和社会效益, 结合工厂目前的评级现状、优质优价的评级宗旨以及牛肉品质评级的行业标准, 选取牛胴体背部 12~13 肋骨处的背最长肌横截面作为检测部位。按照国家标准, 屠宰工厂在屠宰、冷却后、胴体分级时, 首先切开背部 12~13 肋骨处的背最长肌, 切面平滑, 然后对背最长肌切面处的大理石花纹、颜色、生理成熟度进行综合打分分级。

## 4 检测软件的开发

本装置的软件系统开发主要围在开发的界面内实时控制光谱系统采集样品信息, 并自动对采集到的信息进行分析处理, 得到预测结果为核心。软件系统功能如图 3 所示。



图 3 系统软件功能

Fig. 3 Function of the software

人机交互界面主要面向设备操作人员、企业负责人员、用户以及系统研发人员。对于操作人员, 主要是方便操作人员能够与检测系统进行实时互动, 了

解设备的运行情况, 随时查询检测进度, 对检测过程中出现的变化实时做出调整, 确保设备在正确的条件下使用正确的分析模型得到检测结果; 对于企业负责人员, 则需满足样品数据查询、结果汇总及数据库生成等功能要求, 以便实现质量的追溯要求; 而对于客户, 则主要满足查询功能, 如检测结果打印、标准查询、消费建议及相应的科普知识查询等; 对于系统研发人员, 主要考虑的是对系统的实时更新, 如对模型的校正、系统硬件的校正等。

检测系统的主界面如图 4 所示。

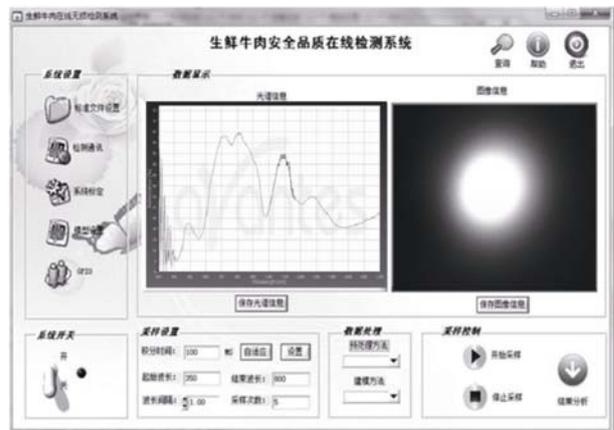


图 4 系统主界面

Fig. 4 Interface of the software system

## 5 验证试验

为了验证系统的可靠性及准确性, 从超市购买 32 个牛肉通脊样本, 使用快速检测装置对其进行品质指标的检测, 本文选取嫩度作为验证指标。

在嫩度检测中, 将牛肉的嫩度分为 2 个等级: 当样本所测嫩度值  $\leq 58.8$  N 时, 定义样本为“嫩”肉; 当样本的嫩度值  $> 58.8$  N 时, 定义样本是“较粗糙”肉。使用快速检测装置检测的结果和使用肉类嫩度仪(东北农业大学生产的 C-LM3B 型数显式肌肉嫩度仪)检测的结果对比如表 1 所示。

表 1 嫩度检测结果

Table 1 Results of tenderness detection

	快速检测装置		嫩度仪	
	嫩肉	粗糙肉	嫩肉	粗糙肉
数量(个)	27	5	27	5
正确率(%)	100	100	-	-

试验结果表明该装置能够较好地对牛肉的嫩度品质进行检测分级。

## 6 结 论

本文从软硬件两方面对牛肉品质快速检测装置的开发进行了介绍,包括系统架构、功能、检测环境、硬件搭建、软件开发及控制原理。在软件开发方面,完成了人机交互界面的设计,为模型调用、修正提供了技术支持。通过验证试验证明该装置的性能符合预期。

### 参考文献

- [1] 张海云, 彭彦昆, 王伟. 生鲜猪肉水分含量的快速无损检测[J]. 食品安全质量检测学报, 2012, 3(1): 23-26.
- [2] Andrés S, Silva A, Soares AL, *et al.* The use of visible and near infrared reflectance spectroscopy to predict beef *M. longissimus thoracis et lumborum* quality attributes [J]. *Meat Sci*, 2007, 78(3): 217-224.
- [3] Shackford SD, Wheeler TL, Koohmarie M. On-line classification of US select beef Carcasses for longissimus tenderness using visible and near-infrared reflectance spectroscopy[J]. *Meat Sci*, 2005, 69(3): 409-415.
- [4] 赵杰文, 翟剑妹, 刘木华. 使用近红外技术预测牛肉嫩度[J]. 光谱学与光谱分析, 2007, 26: 640-642.
- [5] 吴建虎, 彭彦昆, 高晓东, 等. 基于 VIS/NIR 高光谱散射特征预测牛肉的嫩度[J]. 食品安全质量检测技术, 2009, 1(1): 20-26.
- [6] Prieto N, Andrés S, Gira'ldez FJ, *et al.* Potential use of near infrared reflectance spectroscopy (NIR) for the estimation of chemical composition of oxen meat samples [J]. *Meat Sci*, 2006, 74: 487-496.
- [7] 张静. 基于高光谱成像的牛肉微生物腐败检测方法的研究[D]. 中国农业大学, 2009.
- [8] 杨建松, 孟庆翔, 任丽萍, 等. 近红外光谱法快速评定牛肉品质[J]. 光谱学与光谱分析, 2010, 30(3): 685-687.
- [9] Naganathan GK, Grimes LM, Subbia J. Partial least squares analysis of near-infrared hyperspectral images for beef tenderness prediction [J]. *Sens Instrum Food Qual Saf*, 2008, 2: 178-188.
- [10] ElMasry G, Sun DW, Allen P. Near-Infrared hyperspectral imaging for predicting colour, pH and tenderness of fresh beef [J]. *J Food Eng*. 2012, 110(1): 127-140.
- [11] 吴建虎, 彭彦昆, 陈菁菁, 等. 基于高光谱散射特征的牛肉品质参数的预测研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2010, 30(7): 1815-1819.
- [12] Prieto N, Andres S, Gira'ldez FJ, *et al.* Ability of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to estimate physical parameters of adult steers (oxen) and young cattle meat samples [J]. *Meat Sci*, 2008, 79: 692.
- [13] 吴建虎. 利用高光谱成像技术预测新鲜牛肉品质参数[D]. 中国农业大学, 2010.

(责任编辑: 张宏梁)

### 作者简介



郭辉, 博士, 副教授, 主要研究方向: 农畜产品品质安全无损检测技术与装备。  
E-mail: gh97026@126.com



彭彦昆, 教授, 博士生导师, 主要研究方向: 农畜产品品质安全无损检测技术与装备。  
E-mail: ypeng@cau.edu.cn