

# 近红外在线分选装置静态参数优化和动态测试基础研究

蒋圣楠<sup>1</sup>, 戚淑叶<sup>2</sup>, 韩东海<sup>2\*</sup>

(1. 中国农业大学信息与电气工程学院, 北京 100083;  
2. 中国农业大学食品科学与营养工程学院, 北京 100083)

**摘要:** 稳定有效的光谱数据对于近红外在线分选至关重要, 本文从基本参数和动态测试的影响因素如果型大小和均匀程度等方面, 优化近红外光谱采集结果, 为实时、准确地在线分选提供参考。

**关键词:** 近红外; 在线; 参数; 优化

## Static parameters optimization and dynamic testing basic research of the near-infrared sorting device

JIANG Sheng-Nan<sup>1</sup>, QI Shu-Ye<sup>2</sup>, HAN Dong-Hai<sup>2\*</sup>

(1. College of Information and Electronic Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China;  
2. College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

**ABSTRACT:** Stable and effective spectral data for the near-infrared sorting is essential. In this article, basic parameters and influence factors such as fruit size and uniformity which affected spectral stability during dynamic testing were studied to optimize the results of near-infrared spectral acquisition and provide a reference for real-time, accurate online sorting.

**KEY WORDS:** near-infrared spectroscopy; on-line; parameter; optimize

## 1 引言

在线果品品质检测装置是针对果品品质在线快速无损检测而设计的一款仪器, 近年来在线分析装置被广泛用于企业生产的各个环节<sup>[1-9]</sup>, 及时、准确地提供分析数据, 为稳定生产、优化操作、节能降耗起到了不可替代的作用。该近红外在线装置进行苹果质量分级操作, 旨在正确率达95%以上, 以获得最大的经济效益。

为了提高在线无损检测的精度, 杜冉<sup>[10]</sup>针对近红外透射技术在线检测苹果内部品质中果实大小的影响, 从样品和预处理方面进行了分析。蔡贵民等<sup>[11]</sup>从仪器参数, 数据处理等参数优化角度, 建立了稳健

性模型。高云等<sup>[12]</sup>采用 Shenk's 算法, 对油菜籽含油量、芥酸和硫苷含量的近红外数学模型在仪器间转移的测定结果准确性进行了比较。纪淑娟等<sup>[13]</sup>利用扫描方式建立南果梨近红外光谱无损检测模型。樊景超等<sup>[14]</sup>探索了环境杂散光、仪器稳定性、不同测距、不同色差、不同部位、不同货架期等条件对采集光谱的影响。本文研究了参比选择、样品测定高度、平均次数、积分时间、平滑宽度、样品放置方式等近红外光谱采集的最佳参数, 以及动态测试时苹果大小和苹果形状对平移有效性和旋转有效性的影响。

## 2 实验设备

在线近红外光谱分析装置由硬件和软件构成,

基金项目: 国家自然科学基金项目(31071555)

\*通讯作者: 韩东海, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向食品质量无损检测。E-mail: handh@cau.edu.cn

如图1所示。硬件包括取样系统、预处理系统、光谱仪、测量附件、数据通讯模块等辅助设备,软件包括仪器控制和测量软件、化学计量学软件和数据通讯软件等<sup>[15]</sup>。依据不同的测量对象和测量参数,还需建立专用分析模型。光谱仪是整个在线分析系统的核心,该设备检测器内部采用扫描光栅色散和固定光路阵列检测器。

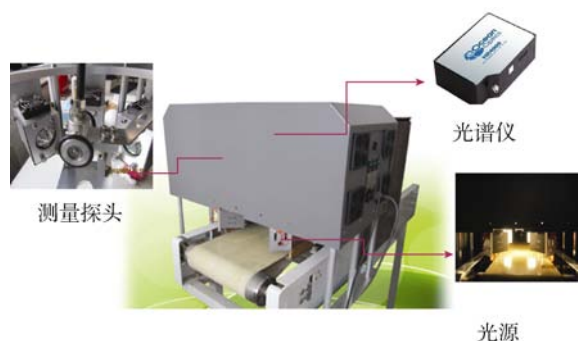


图1 实验设备

Fig. 1 Experimental equipment

### 3 基本参数优化

本次实验所采用的样品是同一产地色差较小的一批红富士苹果,保证了货架期、地域、色差等影响因素的一致,来研究确定参比选择、样品测定高度、平均次数、积分时间、平滑宽度、样品放置方式等因素的影响。

对该装置而言,选择聚四氟乙烯球作为参比有效峰范围最广且噪声小;随着样品贴近滑轮,采集到的信号减弱,噪声减少,这与杂散光、自然光影响减小而红外光经过苹果路径加长有关;每个样品在线测量完成时间主要取决于积分时间和平均次数,而平滑宽度影响数据处理时间,积分时间越长光谱信号越强,鉴于在线装置分选苹果的速度要求,积分时间选择原则为参比峰最大能量值为总量的90%左右,以减少系统误差,而平均次数计8或16次基本满足要求;苹果水平放置比竖直放置的有效信号峰强,但噪声相对大,可进一步建立定量模型确定放置方式。

根据以上实验,基本确定有效参数为参比聚四氟乙烯球、积分时间500 ms、平均16次、平滑宽度5。由于近红外在线分选装置要求至少5个/秒,从而采用光纤加粗、光源高度调整、狭缝加宽等措施,获取如图2所示光谱,采集参数为参比聚四氟乙烯球、积分时间4.5 ms、平均16次、平滑宽度20。后期将进一步分析定量模型、动态光谱、信号传输、安装调

试等问题,逐步实现近红外在线装置的实时分选。

### 4 动态测试

对30个样品建立静态和动态模型,预处理方式统一采取二阶导和SG smooth(25,3),建模方式采用偏最小二乘法。建模结果如表1所示,静态模型具有较高的相关系数和较小的预测标准差。

表1 静态动态模型  
Table 1 Static and dynamic model

	<i>R</i>	RMSEC	RMSEP
静态	0.979	0.304	0.388
动态	0.940	0.496	0.524

检测器在传送带上方,由于样品的果型和大小不同,在传送带上的位置和角度不同,导致检测精度降低,所以前期进行动态测试,研究各影响因素的关系为后期在线检测打下基础。

#### 4.1 样品编号

本次试验所采用的样品为红富士苹果,编号采取以下方式:

样品编号用*x*表示,沿着传送带方向前后偏离位置用*y*表示,左右偏离程度用*z*表示。如果检测器恰好检测到的是样品重心位置则*y*标记为3,向前1 cm记为2,2 cm为1,向后1 cm为4,2 cm为5;向左偏离1 cm记为*z*记为1,向右偏离1 cm记为*z*记为3。每个苹果用*x-y-z*的方式标记它的重心偏离检测器的位置。

#### 4.2 平移有效性

选择不同大小的苹果15个采集光谱,图2(a)为8号苹果,直径70 mm,15个位置扫描光谱结果,可以看到无效光谱有很大抖动,有效光谱图中加重位置有两个。图2(b)为直径是74 mm的苹果,有三个位置采集到了有效光谱。图2(c)位直径是82 mm的苹果,有11个位置采集到了有效光谱。所以苹果越大,能取到的有效谱越多,且波形近似;此外实验中发现苹果形状越规则,能取到的有效谱越多。

#### 4.3 旋转有效性

如图3所示,苹果在在线分选装置中会滚动,根据果柄与光源的位置角度不同分为图中所示五个位置,对于尺寸大小和果型形状不同的15个样品,分别采集五个位置的光谱,如图所示直径为82 mm的5号苹果和直径为80 mm的6号苹果的五个位置的光谱具有较好的重合性,直径为70 mm的8号苹果五个位置的光谱间有较大差异,可以看出苹果越大,旋转

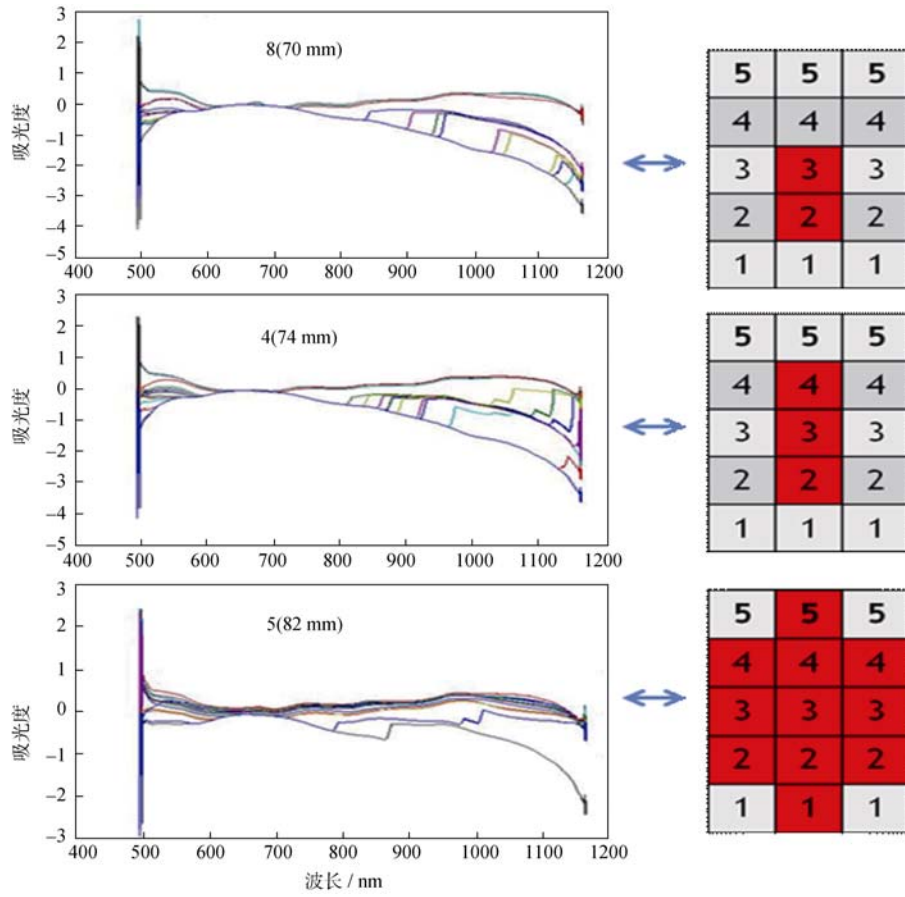


图 2 平移有效性实验

Fig.2 Translation effectiveness experiment

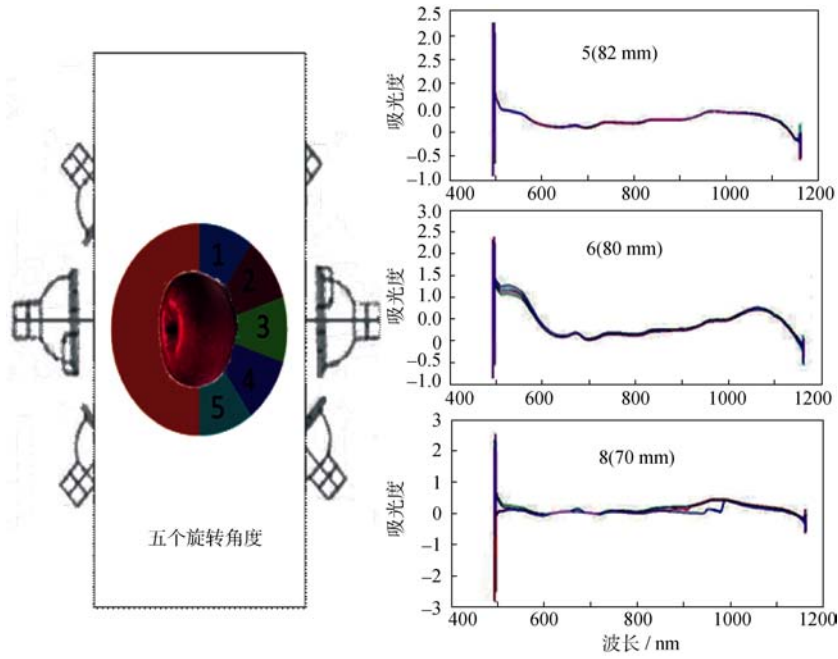


图 3 转动有效性实验

Fig.3 Rotation effectiveness experiment

对其影响越小,此外实验中发现苹果形状越规则,能取到的有效谱越多。

## 5 结论

本文旨在研究近红外在线分选最优静态参数和动态测试的影响因素,实验中所采用的样品是同一产地色差较小的一批红富士苹果,保证了货架期、地域、色差等影响因素一致的前提下,确定了参比选择、样品测定高度、平均次数、积分时间、平滑宽度、样品放置方式等近红外光谱采集的最佳参数,探讨了动态测试时苹果大小和苹果形状对平移有效性和旋转有效性的影响,得出结论,苹果越大、形状越规则对光谱采集影响越小。

## 参考文献

- [1] 崔志立, 谢锦春, 王南, 等. 近红外单籽粒玉米油分无损测定仪器研制[J]. 光谱学与光谱分析, 2005, 25(11): 1807-1809.
- [2] 陆婉珍. 近红外光谱仪[J]. 石油仪器, 2001, 15(4): 30-32.
- [3] 胡新中, 魏益民, 张国权, 等. 近红外谷物品质分析仪工作稳定性研究[J]. 粮食与饲料工业, 2001, (6): 46-48.
- [4] 王智宏, 林君, 武子玉, 等. 便携式矿物近红外光谱仪器的研制[J]. 仪器仪表学报, 2005, 26(11): 1135-1138.
- [5] 刘慧颖, 鲁长波. 一种野外近红外油料质量分析仪的研制[J]. 现代仪器, 2005, 6: 48-50.
- [6] 刘木清, 周德成, 孙耀杰, 等. 宽波段近红外多通道光谱仪器的研制[J]. 仪器仪表学报, 2006, 27(6): 283-285.
- [7] 严衍禄, 赵龙莲, 韩东海, 等. 近红外光谱分析基础与应用[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2005: 358.

- [8] 叶华俊, 刘立鹏, 夏阿林, 等. 在线近红外光谱分析仪的研制及应用[J]. 仪器仪表学报, 2009, 30(3): 531-535.
- [9] 王文真. 在近红外光谱定量分析中应注意的几个问题[J]. 现代科学仪器, 1996, (1): 24-25.
- [10] 杜冉. 基于近红外透射光谱技术的苹果内部品质在线检测的研究[D]. 2008.
- [11] 蔡贵民, 李军会, 赵龙莲, 等. 国产光栅型近红外仪器上建立稳健性数学模型的方法研究[J]. 光谱仪器与分析, 2009, (1-3): 51-55.
- [12] 高云, 高建芹, 王小天. 油菜籽品质指标近红外数学模型的仪器间转移优化[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(3): 292-295.
- [13] 纪淑娟, 李东华, 柏兰, 等. 扫描方式对南果梨近红外光谱无损检测模型建立的影响研究[J]. 食品科学, 2008, 29(6): 383-386.
- [14] 天高友, 鲁长波. 近红外光谱仪器的吸光度重复性对分析结果重复性的影响研究[J]. 现代科学仪器, 2008(4): 105-109.
- [15] 袁洪福. 在线近红外光谱分析技术及其应用[J]. 第三届中国在线分析仪器应用及发展国际论坛暨展览会, 北京, 2011.

(责任编辑: 赵静)

## 作者简介



蒋圣楠, 硕士研究生, 研究方向信号与信息处理。

E-mail: jsn\_18@126.com



韩东海, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为食品质量无损检测。

E-mail: handh@cau.edu.cn