

陆辉山, 张 林. 水果糖酸度品质实时检测装置的设计[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(10): 289–291.

水果糖酸度品质实时检测装置的设计

陆辉山¹, 张 林^{1,2}

(1. 中北大学机械与动力工程学院, 山西太原 030051; 2. 南洛学院电子信息与电气工程学院, 陕西商洛 726000)

摘要: 采用近红外光谱分析技术对水果糖酸度检测装置进行研究, 主要设计了水果传输模块、光照模块、光谱采集模块和数据分析处理模块, 再以福建早桔作为试验样本对系统进行验证。结果表明, 采用近红外漫反射光谱分析技术实现对水果糖酸度的实时检测是可行的, 且采用多元散色校正(MSC)的光谱预处理方法对水果漫反射光谱进行预处理后建立的模型最优, 模型具有良好的预测精度和预测稳定性。

关键词: 水果; 糖酸度; 实时检测装置; 近红外; 漫反射; 多元散色校正; 精度; 稳定性

中图分类号: TP274+.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002–1302(2014)10–0289–03

水果因含有人体所需的多种矿物质、维生素等营养成分而被人们作为不可或缺的日常食品, 随着生活水平的提高, 人们对食用水果的甜度好口感也有了更高的要求。传统的检测技术不但费时费力, 而且还会对水果造成伤害。近年来, 近红外光谱检测技术的快速发展使得采用近红外光谱分析技术实现对水果糖浓度的快速、无损检测成为可能。近红外光谱检测技术具有快速简便、无损、准确等特点, 已在农业和食品行业中得到广泛应用^[1]。国内外研究人员利用近红外(NIR)分析技术对水果内部品质指标检测已取得了重大成绩, Kawano 选用 680~1 235 nm 光谱范围近红外光谱, 采用透射的方法对柑橘的糖浓度进行了检测分析^[2]; Slaughter 采用近红外

光谱分析技术对油桃内可溶性固形物含量、糖度和叶绿素 A 含量等指标进行了定量研究^[3]; McGlone 研究了不同的近红外检测系统对高速运动的苹果内部糖浓度检测的影响^[4]。在国内, 近红外光谱分析技术在农副产品中的研究虽然起步比较晚, 但也已取得了相当多的成就。孙通等采用近红外光谱结合可见光对南丰蜜桔的可溶性固形物含量的影响进行了研究^[5]; 刘燕德等利用近红外漫反射技术对苹果糖浓度的影响进行了定量研究^[6]; 董小玲等采用近红外漫反射技术结合小波压缩技术对马铃薯淀粉含量的影响进行了深入研究^[7]; 高海龙等利用近红外漫反射光谱实现了对鲜枣品种的鉴别和对劣枣的剔除工作^[8]。前人通过大量的试验证明, 采用近红外漫反射技术间接实现对水果糖浓度和酸度的检测是可行的, 在这方面积累了大量的经验, 然而大多数研究仅仅停留在试验层次, 还没有一套完整的水果糖酸度实时检测的设计方案。因此, 本试验在前人理论研究的基础上探索性地设计了一个水果糖酸度实时检测装置。

收稿日期: 2013–12–26

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 41201294); 山西省自然科学基金(编号: 2009021019–3, 2013011026–2)。

作者简介: 陆辉山(1975—), 男, 山西应县人, 博士, 副教授, 主要从事无损检测技术与装置研究。E-mail: 759013520@qq.com。

参考文献:

- [1] Ragauskas A J, Williams C K, Davison B H, et al. The path forward for biofuels and biomaterials [J]. Science, 2006, 311 (5760): 484–489.
- [2] Román – Leshkov Y, Barrett C J, Liu Z Y, et al. Production of dimethylfuran for liquid fuels from biomass – derived carbohydrates [J]. Nature, 2007, 447 (7147): 982–985.
- [3] Clark J H. Green chemistry for the second generation biorefinery – sustainable chemical manufacturing based on biomass [J]. Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 2007, 82 (7): 603–609.
- [4] Zhao H B, Holladay J E, Brown H, et al. Metal chlorides in ionic liquid solvents convert sugars to 5 – hydroxymethylfurfural [J]. Science, 2007, 316 (5831): 1597–1600.
- [5] Bi J D, Guo X W, Liu M, et al. High effective dehydration of bio – ethanol into ethylene over nanoscale HZSM – 5 zeolite catalysts [J]. Catalysis Today, 2010, 149 (1/2): 143–147.
- [6] Varisli D, Dogu T, Dogu G. Novel mesoporous nanocomposite WO_x – silicate acidic catalysts: ethylene and diethylether from ethanol [J]. Industrial and Engineering Chemistry Research, 2009, 48 (21): 9394–9401.
- [7] Ramesh K, Jie C, Han Y F, et al. Synthesis, characterization, and catalytic activity of phosphorus modified HZSM – 5 catalysts in selective ethanol dehydration [J]. Industrial and Engineering Chemistry Research, 2010, 49 (9): 4080–4090.
- [8] Inoue K, Inaba M, Takahara I, et al. Conversion of ethanol to propylene by HZSM – 5 with Si/Al₂ ratio of 280 [J]. Catalysis Letters, 2010, 136 (1/2): 14–19.
- [9] Talukdar A K, Bhattacharyya K G, Sivasanker S. HZSM – 5 catalysed conversion of aqueous ethanol to hydrocarbons [J]. Applied Catalysis A, 1997, 148 (2): 357–371.
- [10] 潘 锋, 吴玉龙, 张建安, 等. Zn 与 Mn 复合改性 HZSM – 5 催化低浓度乙醇脱水制乙烯 [J]. 过程工程学报, 2007, 7 (3): 490–495.
- [11] Inaba M, Murata K, Saito M, et al. Production of olefins from ethanol by Fe – supported zeolite catalysts [J]. Green Chemistry, 2007, 9 (6): 638–646.
- [12] 李浩春. 分析化学手册: 第五分册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 692–705.

1 系统设计

为了实现水果糖度和酸度内部品质的检测,根据近红外在线检测的设计要求,设计了基于试验台基础的实时检测系统,为在线实时检测试验提供了良好的硬件支持。

1.1 整体设计

为建立一种基于近红外光谱分析的水果内部品质(糖度和酸度)在线实时检测系统,使该装置可以实现水果在一定范围内的传输、水果定位、光谱采集、定量/定性分析等功能。因此,该系统主要包括传输单元、控制单元、光谱采集单元和数据处理单元等部分(图1)。传输单元包括托盘、轨道、输送

小车等部分,输送小车带动装有水果的托盘在轨道上运动,完成水果传输的任务,输送小车的最终动力来源于电动机,控制系统通过控制电机的运转,达到控制水果的运输。控制单元由1对检测出发装置和用于试验台上所需控制的部件通信接口构成,负责控制小车的动作,完成水果定位、光谱采集等工作。光谱采集单元包括采集探头、光纤、光谱仪等部分构成,负责完成对每个水果的光谱采集的任务。数据处理单元由特定的DSP处理器和事先建立的水果糖酸度预测算法模型组成,通过对光谱的预处理去除噪声,然后输入到预测模型得到水果的内部品质指标。

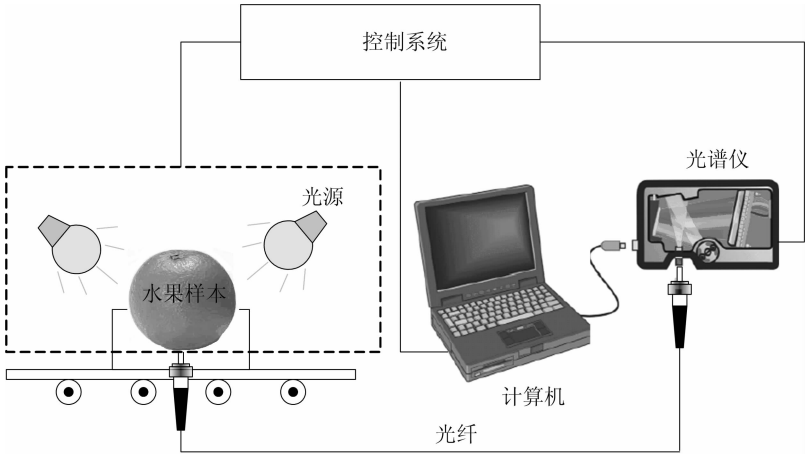


图1 系统的整体设计图示

1.2 传输系统设计

传输系统负责水果保持特定的姿态以一定的速度进入光谱检测箱中,为光谱的采集做好实现准备工作。这个环节的技术特点在于保证水果的稳定运动、托盘与水果之间的避光区、传输速度的调节等。具体设计如下所述。

1.2.1 轨道设计 根据水果的实际大小和实现水果的平稳传输的要求,轨道采用市场上的型材加工而成,使用2根平行的三角铁型钢结构设计,保证2根角铁的平行,角铁的角为小车提供导向作用,保证小车的有向运动。

1.2.2 水果托盘和小车设计 水果托盘和小车的设计主要完成水果的运输和定位功能,设计结构如图2所示。

1.3 光照系统设计

光照系统由光源和光照箱两部分构成,为水果在线检测提供稳定、可控的近红外光源,使整个系统有足够强的光线被照射到水果表面,协助光谱采集模块完成漫反射光谱的采集

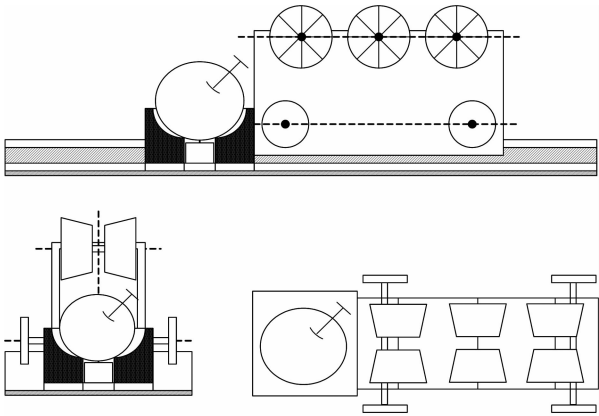


图2 水果托盘和小车的结构

工作。光照系统设计结构图如图3所示。

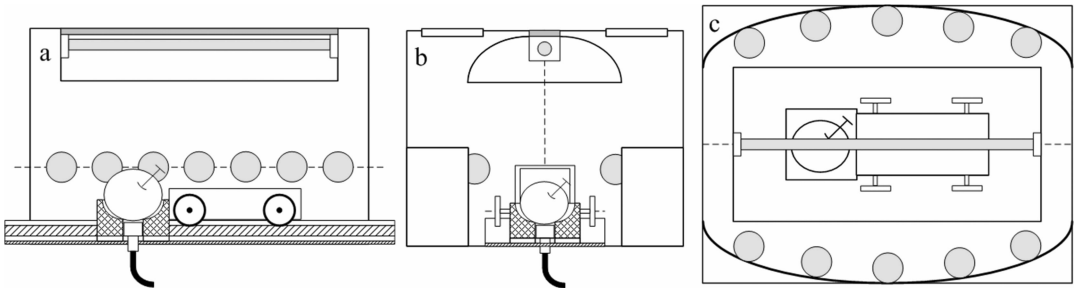


图3 光照系统设计结构

1.4 光谱采集部分设计

光谱采集单元包括近红外探测器、光纤、光谱仪等部分,主要完成对水果漫反射回的近红外光谱进行实时采集,光谱采集部分流程图如图 4 所示。本系统中采用的近红外漫反射吸光度计算公式为:

$$D = \lg\left[\frac{1}{R_{\infty}}\right] = -\lg\left[1 + \frac{K}{S} - \sqrt{(K+S)^2 + 2(K/S)}\right] \quad (1)$$

式中: D 为吸光度; R_{∞} 为漫反射率; K 为吸收系数(主要取决于漫反射体的化学成分); S 为漫反射体的散色系数(主要取决于漫反射体的物理特性, $S \approx 421.67$)^[9]。

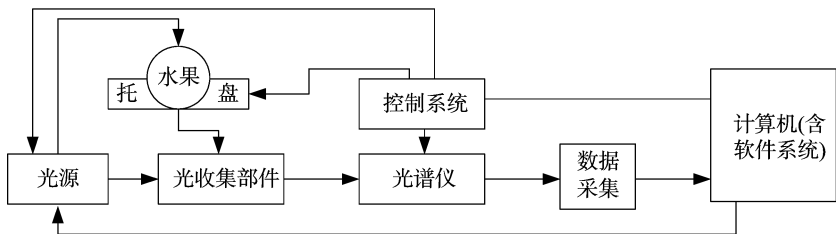


图4 近红外光谱采集控制流程

1.5 数据处理单元设计

系统中首先采用多元散色校正(MSC)的方法对水果的漫反射光谱进行预处理,去除杂波,然后采用偏最小二乘法(PLS)建立水果糖酸度预测模型,完成对水果糖酸度的预测。

2 结果与分析

试验中采用福建早桔作为试验样本,共 100 个样本,选取其中 20 个作为验证集,用于模型验证,其余 80 个作为校正

集,用于建立预测模型。

基于近红外漫反射光谱结合多元散色校正(MSC)、平滑处理、标准归一化(SNV)不同光谱预处理方法建立早桔糖度酸度预测模型,分析结果如表 1 所示。结果发现,采用多元散色校正的方法对水果漫反射光谱进行预处理,建立的水果糖酸度模型具有较好的预测精度和预测稳定性,因此系统中采用多元散色校正的方法对水果的漫反射光谱进行预处理。

表 1 水果糖酸度建模结果

预处理方法	糖度				酸度			
	校正集		预测集		校正集		预测集	
	相关系数	标准差	相关系数	标准差	相关系数	标准差	相关系数	标准差
原始光谱	0.815	0.187	0.811	0.191	0.803	0.175	0.791	0.171
5 点平滑	0.817	0.182	0.809	0.175	0.824	0.172	0.817	0.179
15 点平滑	0.873	0.178	0.832	0.186	0.851	0.179	0.832	0.170
MSC	0.912	0.171	0.891	0.177	0.907	0.173	0.899	0.177
SNV	0.852	0.183	0.812	0.179	0.833	0.186	0.814	0.178

3 结论

本研究首先对水果糖酸度近红外检测系统进行整体设计,主要对传输模块、光照模块、光谱采集模块和数据分析处理模块进行了详细设计说明,然后采用 100 个福建早桔作为试验样本对系统进行验证,验证结果表明采用近红外光谱漫反射技术间接实现对水果糖酸度的检测是可行的,且具有较好的效果。其中,用光谱预处理后建立的水果糖酸度模型效果更佳,采用多元散色校正(MSC)的光谱预处理方法对光谱预处理后建立的模型最优。

参考文献:

[1] 王伟明,董大明,郑文刚,等. 梨果糖浓度近红外漫反射光谱检测的预处理方法研究[J]. 光谱学与光谱分析,2013,33(2):359-362.
[2] Kawano S. Present condition of nondestructive quality evaluation of fruits and vegetables in Japan[J]. JARQ,1992,28:212.

[3] Slaughter D C. Nondestructive determination of internal quality in peaches and nectarines [J]. Transactions of The ASAE, 1995, 38 (2):617-623.
[4] McGlone V A. Transmission measurements on intact apples moving at high speed[J]. Journal of Near Infrared Spectroscopy,2004,12(1):37-43.
[5] 孙通,许文丽,胡田,等. 基于 UVE-ICA 和支持向量机的南丰蜜桔可溶性固形物可见-近红外检测[J]. 光谱学与光谱分析,2013,33(12):3235-3239.
[6] 刘燕德,应义斌. 苹果糖分含量的近红外漫反射检测研究[J]. 农业工程学报,2004,20(1):189-192.
[7] 董小玲,孙旭东. 基于小波压缩的马铃薯全粉还原糖近红外光谱检测研究[J]. 光谱学与光谱分析,2013,33(12):3216-3220.
[8] 高海龙,李小昱. 近红外光谱鉴别鲜枣品种及裂果研究[J]. 光谱学与光谱分析,2013,33(12):3231-3234.
[9] 刘兰涛,陈晓光,吴文福,等. 三波长谷物蛋白质近红外检测仪[J]. 吉林大学学报:工学版,2009,39(1):93-97.