

计算机控制的农产品光特性检测系统

刘绍刚 吴守一 方如明 孙正和

(江苏工学院)

提 要 介绍了新建立的多功能农产品品质光特性无损检测系统, 可由微机控制进行光谱数据的采集和分析, 能迅速而准确地得到检测对象的反射光谱和透射光谱。自行设计的软件能完成对光谱数据的平滑处理、计算反射率、透射率和颜色参数、求微分光谱以及回归分析等处理。

关键词 农产品 光特性检测 计算机控制

1 引 言

农产品的光反射与光透射特性是农产品的基本光学特性, 它反映出光与农产品相互作用的基本规律。各类农产品的光特性不同, 同一种类而品质不同的农产品其光特性往往也存在差异。根据农产品的光特性可判断其品质好坏。

美国、英国、日本等发达国家在农产品光电检测和分级这一领域进行了大量的研究, 已开发出具有一定实用价值的光电分选装置。这些装置是建立在对农产品光特性透彻了解的基础上, 并采用了先进的光学和电子学技术, 是现代科学的结晶。

我国在这一领域基本上仍属空白。分选主要靠人工进行, 难以适应日益发展的商品市场的需要, 更无法满足农产品工厂化加工的要求。

本文介绍新建立的一套适合于我国国情的, 具有较强功能、由计算机控制的检测系统, 它能对光谱数据进行快速有效的分析处理。该系统的建立为进一步大量测定我国农产品光特性与其品质之间的关系, 为最终开发出适合于我国国情的光电分选装置具有重要意义。

2 系统的结构和功能

系统的基本组成见图 1。本系统充分利用微型计算机进行高速数据采集和控制, 具有精度高、功能强、使用方便等特点, 从而降低了对光学和电子系统的精度要求, 通过软件来弥补硬件的不足。

2.1 光源

在进行可见光范围(400~800nm 波长)的反射和透射测定时, 采用 24V、150W 具有连续光谱的卤钨灯作光源。也可采用具有紫外至可见光范围内光谱连续的氙灯作光源。

2.2 斩波器

收稿日期: 1991-06-06

* 国家自然科学基金资助项目, 高等学校博士学科点专项科研基金资助项目。

为了提高抗干扰能力,本系统采用了机械式斩波器。其作用是:(1)对光源发出的光信号进行调制,使其以一稳定的频率变化,以便有效地区别于自然光或杂散光,减少外界光的干扰。(2)调制后的光信号,作用在农产品上,产生交变光信号输出,由光电倍增管转换成交流电信号。后者经交流放大,其稳定性及零漂等均比经直流放大为好。

2.3 分光装置

分光装置的功能是把光源发出的连续光谱按要求分解成不同波长的单色光。本系统采用了平面光栅单色仪,它的精度高,能对较弱光信号进行精确的分光,能得到较好的微分光谱。当进行反射和透射测定时,利用它进行分光,可得到波长从400至800 nm范围内的单色光。

2.4 光电接收器

大多数农产品的反射率在0.01~0.8之间。而透射率则低至 10^{-8} ~ 10^{-3} 。为保证该系统能有效工作,选择了灵敏度高、光谱响应宽、响应速率快的GDB-143型侧窗式光电倍增管接收光信号。光电倍增管的负高压电源和信号放大由WD5型光电接收器提供。由于接收器采用了调制频率锁定技术和集成电路,使它具有探测灵敏度高、结构简单、稳定性好等优点。接收器放大倍数为50~70dB,输出电压值为0~1V,线性度小于 $\pm 5\%$ 。

2.5 样品室

为了能方便地测得常见农产品的光反射及光透射特性,设计了如图2所示的多功能样品室。样品室为圆柱体 $\Phi 100 \times 100$,其表面经发黑处理,以减少散射光的影响。光可直接从6个光窗进出,也可安装光纤传光。具体配置根据需要而定。反射测定时,作适当选择可达到入射光与反射光成 30° 、 90° 或 120° 的配置。也可用分叉同心光纤进行反射测定。透射测定时只需使入射光与透射光在同一直线位置上。

2.6 计算机控制系统

系统的工作过程由长城0520-CH微型计算机控制。包括:单色仪扫描步进电机的控制、单色仪扫描波长的预置、光电信号的数据采集(图3)。

单色仪的控制和数据采集通过插入微机扩展槽内的MS-1215模入模出接口板完成。MS-1215接口板采用12位的ADC和DAC,共有16路模入通道,两路模出通道。采用双极性工作方式,量程为 $\pm 5V$,模入精度 $< 0.25\%$,AD转换时间小于 $40\mu s$ 。A/D、D/A

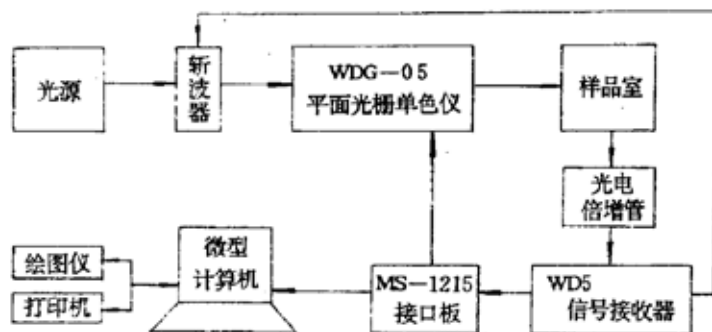


图1 系统结构框图

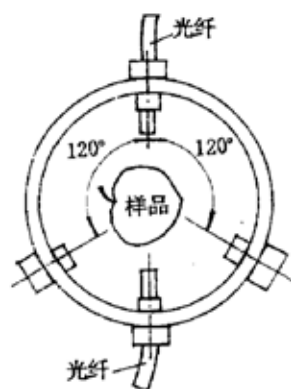


图2 样品室结构简图

可由程序启动。

单色仪的控制是通过 MS-1215 接口板的两路 D/A 通道来完成。单色仪的波长扫描正弦机构由步进电机驱动。计算机通过软件在接口板的 DA₁ 口产生一宽度大于 100ms 的正脉冲, 通过三极管开关电路, 保护 DA₁ 口并产生启动信号, 从而使单色仪中的驱动电路启动步进电机, 单色仪开始扫描。

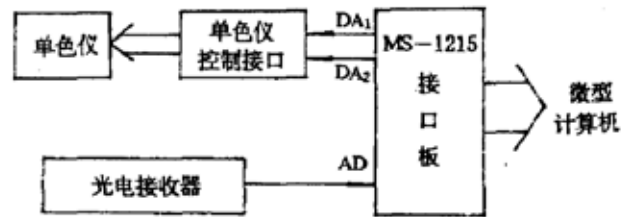


图3 计算机控制系统简图

单色仪的波长预置是根据测定所需波长范围, 由软件控制接口板的 DA₂ 口产生一串计数脉冲, 脉冲的幅值和脉冲数由软件控制, 可任意选择。此脉冲输入到由四片 BCD 码计数器组成的计数电路中, 输出四组表示波长个、拾、百、千位数值的 8421 码, 并被送到单色仪内部的四个比较器的一组输入端。当单色仪扫描到预置波长时, 比较器输出一停止信号, 使扫描终止。

光电接收器输出的电压信号的数据采集则由 MS-1215 接口板的一路 AD 通道完成。数据采集次数、采集间隔、数据存放、采集通道的选择和采集启动均由软件控制。在数据开始采集的同时, 由软件控制 DA₁ 口输出一正脉冲启动单色仪工作。从而使数据采集与单色仪波长扫描保持同步。数据采集的校准和自检由 MS-1215JZ 完成。

3 系统软件的构成

系统软件的功能是控制单色仪、采集光电接收器的电压输出值以及进行数据处理。软件设计成模块化结构形式。控制和数据采集的主程序由 BASIC 高级语言编写, AD、DA 的控制由 8088 汇编语言子程序完成。利用引导程序实现 BASIC 调用汇编程序。数据处理程序用 Quick、BASIC 语言编写, 并生成 EXE 文件。

图4为系统软件流程框图。其中左侧为光谱测定控制程序。右侧为光谱数据处理程序。在进行测定时, 首先选择好单色仪的扫描速度和预置波长值, 设置好采样通道和采样点数以及采样重复数, 并可算出采样的波长间隔。当一切准备就绪后, 通过调用 DA 输出汇编子程序, 向 DA₂ 通道输出一串脉冲, 通过 BCD 脉冲计数器电路向单色仪传送 8421 码组成的波长预置数, 完成对单色仪的扫描波长预置。

采样开始之前应预调好光电接收器的放大倍数及光电倍增管的负高压值, 使接收器的电压输出信号小于 1V。当采样准备就绪后, 程序控制 DA₁ 通道, 使其输出一扫描启动脉冲, 启动单色仪按预置的波长扫描。同时启动 AD 采样子程序。完成采样后, 数据以顺序文件的形式存放, 并可被显示、绘图等。

数据处理的目的是为了排除各种干扰的影响, 从而得到农产品反射光谱或透射光谱的特征, 从数据中获取尽可能多的信息, 为找到表征农产品品质的指标提供依据。

光谱数据处理程序的主要功能包括:

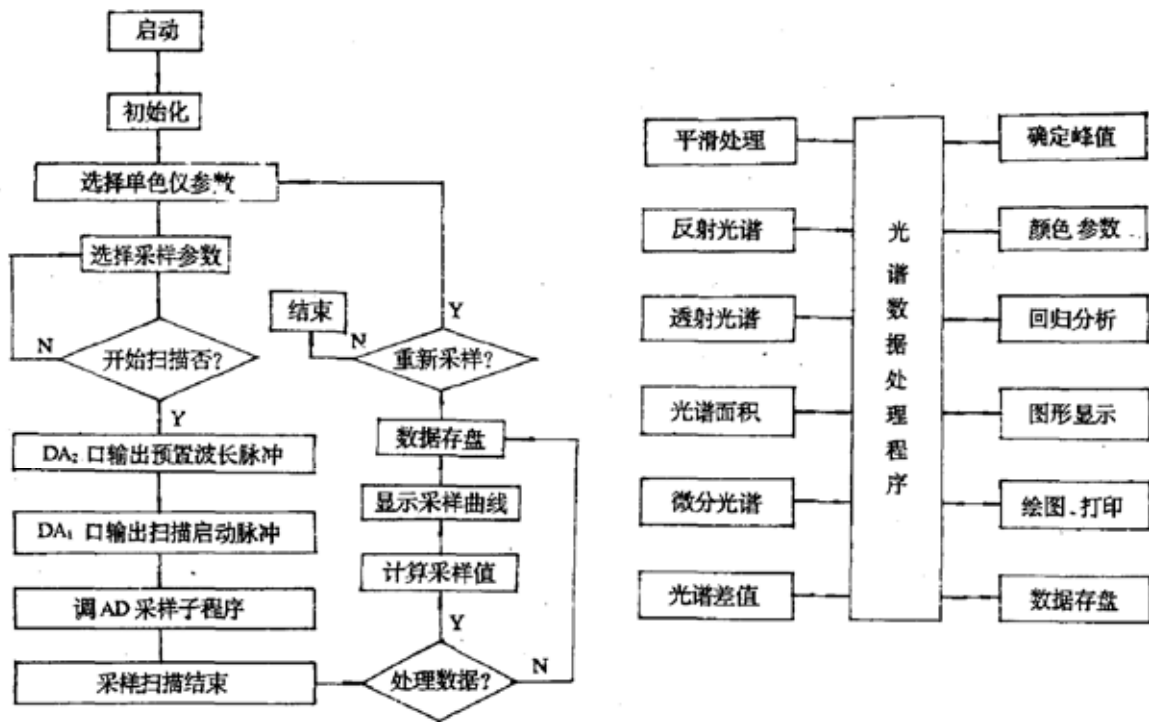


图 4 系统软件框图

1) 数据的平均 对重复采样的数据进行平均, 以减少测量误差。

2) 平滑处理 通过平滑技术可消除光谱数据中噪声的影响。平滑方法选择了 Savitzky-Golay 法(平滑点数可为 5、7、11、15、19、25)和适应化平滑法 (Kawata - Minami 法)。

3) 光谱微分处理 利用计算机对光谱数据进行微分处理, 可判别光谱中的精细结构, 确定峰值、分峰值的位置。软件中选用了最小二乘方多项式逼近法, 可求出 1~4 阶微分光谱。

4) 求反射率 把反射测定所得电压输出数据与已知反射光谱的标准白板的电压输出数据进行比较, 可得到被测物的反射光谱。对反射光谱按 Simpson 数字积分法积分可得被测对象表面相对的总反射率。

5) 求透射率, 把具有不同光密度的中性减光片的系统电压输出值存入计算机内, 依此对被测对象的透射信号进行修正, 可得被测对象的透射光谱和透射率。

6) 计算物体的颜色参数 根据光源的光谱分布以及测得的反射光谱和透射光谱, 采用 CIE 表色系法可计算出物体的各项表色参数。

7) 回归分析 可对光谱数据进行多重回归和逐步回归分析, 设法找出能反映农产品品质的特征波长。

4 主要性能和测定实例

4.1 主要性能

本系统与紫外-可见光分光光度计有较多的相同之处。但考虑到农产品光特性测定的要求, 本系统在构成上具有较大的灵活性以适应不同大小、不同形状以及不同反射和透射程度的农产品。

本系统由于采用计算机采集数据, 不仅能迅速地测出物体的反射和透射光谱, 进而能计算出物体的颜色参数, 而且可进行数据成分的精确分析。

本系统主要性能参数为: (1)分光波长范围: 400~800nm; (2)波长精度: $< \pm 0.3\text{nm}$; (3)波长扫描速度: 5、20、50、100、200nm/min; (4)单色仪狭缝开度: 0~3mm; (5)光电倍增管负高压范围: 300~700V。

4.2 影响系统输出的主要因素

4.2.1 单色光的单色性

单色仪的狭缝开度过大, 单色性变差, 测定的分辨率变差; 狭缝过小, 单色性虽好, 但照射到样品上的光通量势必大大减弱, 从而降低输出信号的幅值, 使系统的信噪比变小。由于农产品的光密度值与液体介质相比要高得多, 对单色性的要求不可能太高, 相反应力求保证系统有较大的输出, 并保证有较高的信噪比。本系统适合于反射测定的单色仪狭缝开度为 0.5~1.0mm, 透射测定的狭缝开度应等于或大于 1mm。

4.2.2 光电倍增管负高压

不同负高压下系统有不同的输出。在反射测定时, 通常负高压取 300~350V 即可。透射测定时负高压往往需大于或等于 350V。负高压增大, 系统输出虽然增大, 但信噪比减少, 信号质量下降。

4.3 测定实例

利用本系统测出了苹果、梨、柑桔、番茄、花生仁、红枣的反射光谱。

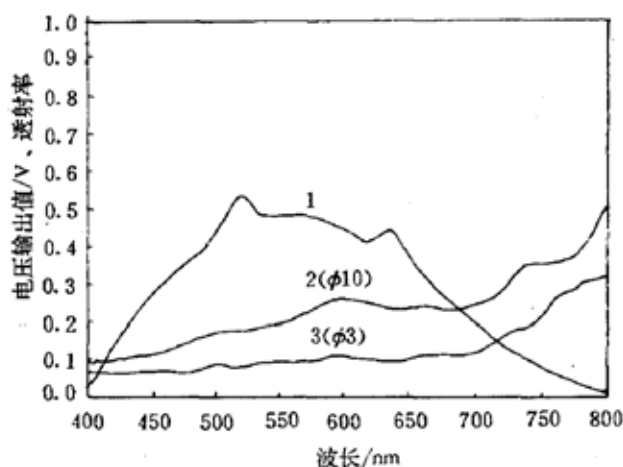


图5 白板的输出 (1) 及光纤透射率 (2、3)

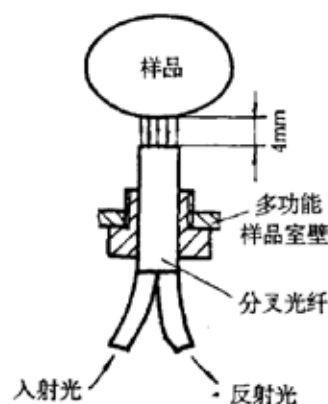


图6 反射分叉光纤测定示意图

系统参数为：狭缝开度 1mm，光电倍增管负高压 300V，波长范围 400~800nm，波长扫描速度 100nm/min。此时标准白板的系统输出曲线如图 5 所示。

在图 2 所示的样品室中安装一反射分叉玻璃光纤传输光信号(图 6)。光纤具有抗外界干扰强，光路简单，使用方便等优点。但普通光纤的透光率较低(图 5)，主要适用于反射测定和部分透射测定。

图 7 为测得的 6 种农产品的反射输出曲线。通过与已知反射率的标准白板比较，可得 6 种农产品的反射光谱曲线(图 8)。从图 8 中可知苹果和梨在波长 678 nm 附近有一明显吸收，即为叶绿素的吸收。且在 480~550 nm 的绿光区、550~600 nm 的黄光区、600~640 nm 的橙光区以及 700~750 nm 的红光区均有较大的反射率。柑桔和番茄在波长大于 600 nm 的橙光及红光区也有较大的反射率。而花生仁及红枣则对波长大于 640 nm 的红光有一定的反射。

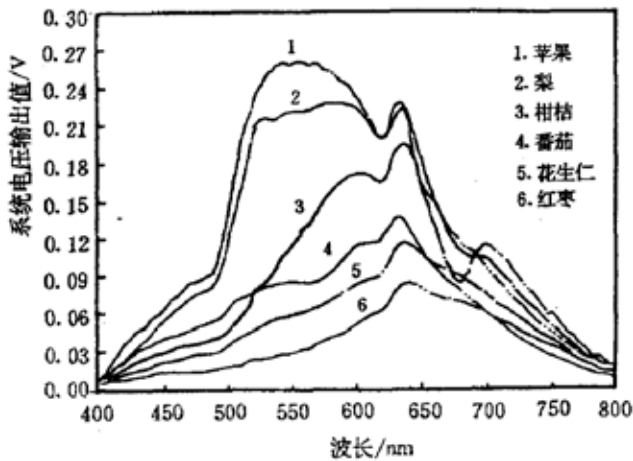


图 7 6 种农产品的反射输出信号

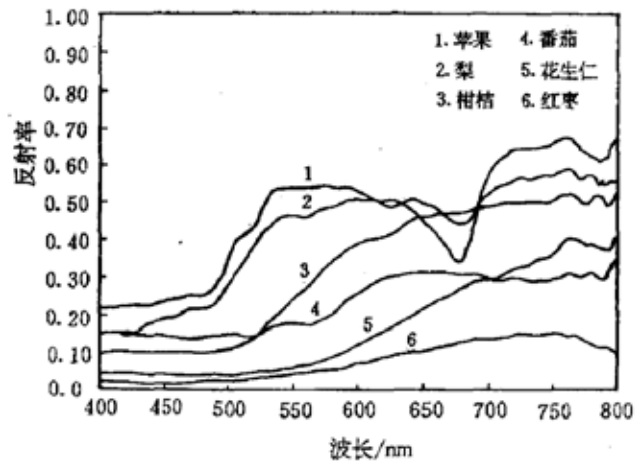


图 8 6 种农产品的反射率曲线

5 结论

1) 采用现代分光光度法中的“单光束”加计算机技术所建立起的农产品光特性检测系统，具有扫描速度快、自动化程度高、测量所得数据多、光谱分析处理方便等特点。该系统适用于多种农产品的光特性测量。

2) 由于可把标准反射白板及中性减光片的系统输出数据存入计算机内，本系统能迅速地测出农产品的反射光谱和透射光谱。

3) 多功能的数据处理软件为分析检测对象光特性与其品质间的相互关系提供了方便。

参 考 文 献

- 1 Wu Shouyi, Han Ning. Optical nondestructive detecting and sorting eggs by its freshness. Proceedings of the I SAE, 1989, Beijing.
- 2 Massie D R, Norris K H. A high-intensity spectrophotometer interfaced with a computer for food quality measurement. Trans of the ASAE, 1975, (2)
- 3 刘绍刚, 吴守一, 高良润. 农产品品质的光特性无损检测. 江苏工学院学报, 1991, (1)

- 4 曾庆勇. 微弱信号检测. 杭州: 浙江大学出版社, 1986.
- 5 张如洲. 微型计算机数据采集与处理. 北京工业学院出版社, 1987.
- 6 南茂夫. 科学测试中的波形数据处理. (日) CQ出版社, 1987.

Spectrophotometric System Operated with a Microcomputer for Agricultural Product Quality Testing

Liu Shaogang Wu Shouyi Fang Ruming Sun Zhenghe
(*Jiangsu Institute of Technology*)

Abstract

This paper describes a newly developed spectrophotometric system for agricultural product quality testing, operated with a microcomputer-controlled wavelength scanning and data analysis. The reflectance spectra of agricultural products can be quickly acquired with this system. The data processing program involves several subroutines: smoothing data, reflectance ratio, transmittancy, differential spectra, parameters of colorimetric system, multiple regression analysis.

Key words Agricultural products, Spectrophotometric methods, Microcomputer control