

农产品分光反射特性及近红外图像处理 在农业中的应用

何东健 杨青 薛少平 熊运章

(西北农业大学)

提 要 简要介绍了农产品分光反射特性的测定原理及方法;分析了桃、梨、黄瓜及西瓜等果实的近红外分光反射特性;阐述了近红外图像处理系统硬件的基本要求;介绍了近红外图像处理在果实损伤检测、颜色和叶子相近果实的识别及植物生长信息测定中的应用。

关键词 水果 分光特性 近红外图像 图像处理

Spectral Reflectance of Fruits and Near-Infrared Image Processing in Agricultural Application

He Dong-jian Yang Qing Xue Shao-ping Xiong Yun-zhang
(Northwest Agricultural University, Yangling)

Abstract This paper introduced the measuring principle and method of spectral reflectance of agricultural products. The near-infrared reflectance feature of several fruits were discussed. The basic demand of image processing system were expounded. Near-infrared image processing technique for detecting defective fruits, recognizing fruits which surface color are similar to the leaves and obtaining the information of plant growth were introduced as well.

Key words Fruit Spectral reflectance Near-infrared image Image processing

收获后的新鲜水果要按外部品质(大小、形状、色泽、斑点、外伤、触感等)分级,以提高市场价值。然而,人工分选需大量人力,且分选精度低。因此,利用数字图像处理技术自动检测水果的外部品质并进行分级,是需迫切解决的问题。研究表明,对可见光域图像进行处理,可以检测肉眼可见的各种缺陷和损伤,但受水果色泽的影响,难于检测压伤、撞伤等肉眼不可见的缺陷^[1]。此外,在机器人视觉中,可利用果实和叶子有不同的颜色来识别果实^[2],该方法对西红柿、柑桔等简便而有效,但不能识别黄瓜、西瓜、青椒等颜色和叶子相近的果实。鉴于上述问题,提出利用农产品的分光反射特性及近红外图像处理来识别表面缺陷或从叶子中识别果实。本文介绍了农产品分光反射特性测定原理及方法,分析了几种主要果实的分光反射特性,阐述了近红外图像处理系统的硬件要求及图像处理技术在农业中的应用。

收稿日期:1996-10-15

何东健, 博士生, 副教授, 陕西杨陵 西北农业大学机电工程学院, 712100

© 1995-2005 Tsinghua Tongfang Optical Disc Co., Ltd. All rights reserved.

1 农产品分光反射特性

1.1 近红外分光法基本原理

由于农产品的内部成分及外部特性不同,在不同波长光线照射下会有不同的吸收或反射,也就是说,对象的分光反射率在某一特定波长域内会比其它部分大^[3]。根据这种特性,若选定一定波长的滤光镜,便可增强获得图像中果实正常部分和损伤部分或果实和叶子部分的灰度对比,从而使果实损伤的检测和特征提取更为容易。

1.2 分光装置和方法

分光反射特性可由分光光度计测定,它由光源、分光器、传感器、放大器及记录装置等组成。测定时,用测定波长域连续光照射样品,从样品透过或反射的光线聚焦在分光器入口的狭缝上,或者使光源的光线经过分光器或滤光器变成单色光后,照射在样品上。待测样品及标准样品的透过或反射光由光电管等检测,经放大、A/D转换后输入内置CPU,计算出反射率或透光率,再经零点校正、对数变换、平滑化等处理后,在显示器和绘图仪上输出^[4]。

1.3 几种农产品分光反射特性分析

1) 桃: 桃的表面损伤主要有压伤、碰伤、擦伤、虫孔等,为了利用图像处理检测鲜桃表面缺陷,对正常果实和损伤果实的光反射特性进行测定和比较。图1为果实正常和压缩损伤部分的分光反射特性测定结果^[1]。由图可见,在可见光波长域两者的反射率差异极小,而在800 nm以上的近红外波长域,反射率差值较大。也就是说,若利用近红外图像,能够检测出肉眼看不见的损伤。此外,在可见光域,黄色部分比红色部分的分光反射率要低得多,但在近红外域,两者反射率几乎相同。由此可知,损伤部分和正常部分分光反射率之差在可见光域受表面颜色的影响,而在近红外域几乎不受表面颜色的影响。

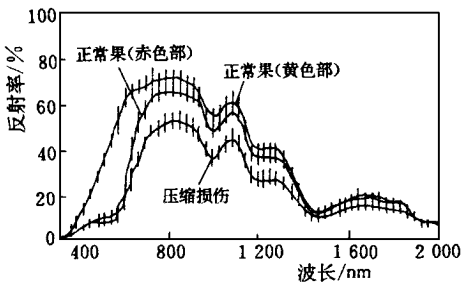


图1 桃压缩损伤的分光反射特性

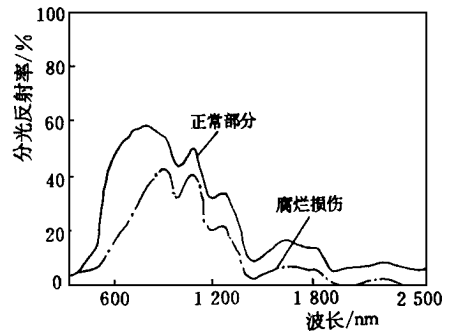


图2 梨正常部分和腐烂部分分光反射特性

2) 梨: 图2为梨的正常部分和腐烂褐变部分的分光反射特性^[1]。梨的表面颜色为浅黄色,正常部分和腐烂部分分光反射率在可见光域内有较大差异,最大达32%左右;在波长小于1900 nm的近红外域,其分光反射率之差最大达10%。

3) 黄瓜及叶子: 黄瓜果实、叶子正反面、茎和花的分光反射特性如图3所示^[5]。在500~600 nm范围,果实、叶子正反面及茎反射率较高;花的反射率在350 nm和500~700 nm比其它部分大。与此相反,在红外域内,叶子的正反面和花的反射率几乎为一定值,而果实和

茎在 970 nm 和 1 170 nm 附近可见 H_2O 的吸收带。另外,果实的反射率在 700~ 900 nm 和 1 100 nm 附近比其他部分高。

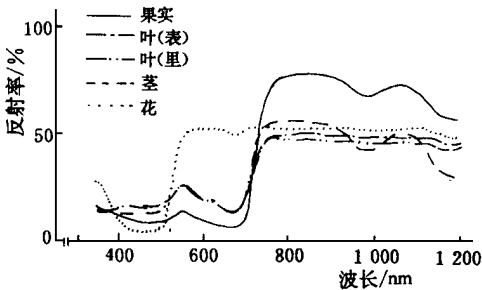


图3 黄瓜各部分的分光反射特性

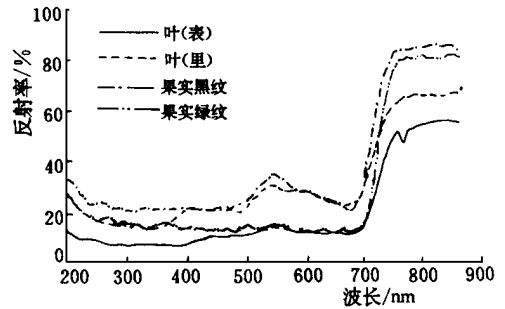


图4 西瓜果皮及叶子的分光反射特性

4) 西瓜及叶子: 西瓜果皮部分及叶子在 195~ 860 nm 内的分光反射特性如图 4 所示。果实和叶子的分光反射率在 200~ 700 nm 差异较小,而在 800 nm 附近,果皮绿纹和黑纹部分的分光反射率约为 80 %;叶子反面和正面的分光反射率分别为 70 % 和 60 %,呈现较大的分光反射率之差^[2]。

2 图像输入、处理系统

图像采集、处理系统主要由 CCD 摄像机、图像采集卡、计算机、监视器及光源等组成。近红外图像处理系统对图像输入装置提出了特殊要求。

为了获取农产品在近红外域内某一特定反射特性的图像,需要采用黑白摄像机和滤光镜。要求摄像机的光电器件在可见光域和近红外域(400~ 1200 nm)有较高的灵敏度。滤光镜的中心波长应根据测定对象的分光反射特性选定,应使不同对象或同一对象不同部位在选定波长附近的分光反射率之差最大。

此外,因农产品形状、颜色等性状极为复杂,所以获取图像时的照明极为重要。要求对象表面的照度均匀,不产生镜面反射。光源在选定波长域应有最大放射能。

3 近红外图像处理在农产品特征检测中的应用

3.1 果实损伤检测

李晓明、岩尾俊男等为有效检测桃损伤,测定了桃在 400~ 2 000 nm 内的分光反射特性。依据测定结果,将中心波长 848.58 nm 的金属干涉滤光镜安装在近红外摄像机镜头前,获取鲜桃图像,并对图像进行处理,以提取损伤特征^[6]。用空间域滤波除去背景噪声,按抛物线法校正果实轮廓,确定合理阈值对图像进行二值化处理后,果实腐烂部分被有效提取出来。此外,对 15 个损伤果的测定结果表明,损伤桃图像的灰度直方图呈现多峰性,所以,用阈值法进行二值化处理是有效的一种方法。

近藤直等用中心波长 670 nm 的干涉滤光镜装于黑白摄像机镜头前,测定并分析了番茄正常和损伤果图像的灰度分布及用近红外图像处理技术检测损伤的有效性^[7]。从摄像机

输出的信号先由录像机记录,然后输入图像处理装置进行处理。结果表明,使用 670 nm 滤光镜获得的番茄图像中,损伤部分的灰度值比其他部分大得多。

3.2 果实识别

黄瓜、西瓜等因果实和叶子色彩相近,难以用颜色识别。根据果实在 700~900 nm 波长内的分光反射率比其他部位高的分光反射特性(图 3),选定中心波长为 851.6 nm 的干涉滤光镜,安装在黑白 CCD 摄像机上,进行了黄瓜果实识别研究^[5]。识别算法如下:先进行平滑处理、二值化处理并清除小块图形,对留下的块状图形标记,计算出形状特征量,然后依据形状特征值识别出果实。

图 5 是对输入图像在阈值 80 下二值化处理后的结果,尽管一部分叶子混在图中,但是,该图较好地表示出黄瓜果实的特征。对图 5 进行标记后的结果如图 6 所示。标记为 1、2、4 的图形块均不满足判断条件,而标记为 3 的图形块满足判断条件,故被识别为果实。



图 5 近红外灰度图像二值化结果

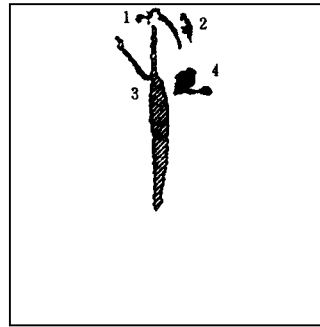


图 6 标记结果

德田胜等对西瓜果实在 800 nm 波长下的近红外图像进行处理,探讨识别西瓜果实的方法^[2]。先对图像进行二次微分运算(高斯-拉普拉斯变换),灰度符号改变处的二次微分值为 0,再对二次微分图像在阈值 0 下二值化。为了除去轮廓线,进行收缩处理并标记;象素数少(面积约 20 cm²)的标记块作为噪声去除,留下的块依据复杂度(块周长的平方/面积)判断是果实或是叶子。结果表明,对 800 nm 的近红外图像用上述算法可以有效识别出西瓜果实。隐藏在叶子中的果实,可用气流吹动叶子,并对几幅图像进行处理的方法进行识别。

3.3 植物生长信息测定

E. J. Van 等将摄像机安装在距莴苣叶冠 2 m 高的温室大梁上,获取 24 株莴苣在生长期内的图像,通过图像处理研究了叶冠覆盖地表(地表覆盖白色塑料薄膜)的面积和作物叶面积及干重的关系^[8]。结果表明,用“体积/表面积”模型,可在 5% 置信水平下用叶冠地表投影面积计算出莴苣的干重。

H. Shimizu 和 R. D. Heins 用装有滤光器的 CCD 摄像机、红外线光源、反射镜及内置可读光驱 PC 机组成的图像处理系统,测定了戟叶马鞭草的生长率^[9]。研究表明,利用近红外光源及 800 nm 波长的滤光器,可以在无光线照射的条件下测定植物的生长率;用可读光驱存储图像数据能有效降低图像噪声。

4 研究展望

随着超大规模集成电路技术与计算机结构、算法的发展,数字图像处理技术不仅在医学、气象、航空航天及工业等领域广泛应用,而且在农业生产及农业现代化方面也已开始应用。日、美等发达国家都非常重视农业机器人的研究与开发。机器人的视觉系统应具备识别对象器官或个体的功能;认识对象的品种、形状、尺寸等特征的功能和检测对象空间位置的功能。要实现这些功能,必须对农产品的光学特性、图像处理方法、识别算法及硬件结构等进行广泛深入的研究;在农业设施环境控制中,利用图像处理技术获取作物的生长状态(物理性状及生物信息),依据作物的实际生长情况对环境因素进行闭环自动控制,能最大限度地节约能源并达到高产目的;应用图像处理技术无损、全量检测农产品品质,以提高其市场价值,也是迄今广泛研究的课题。此外,图像处理技术在农业种质资源管理、植物病理研究、遗传细胞工程研究中均有广阔的应用前景。

参 考 文 献

- 1 李晓明,岩尾俊男,藤浦建史等.水果损伤图像检测系统(第1报).[日]农业机械学会志,1993,55(4):93~99
- 2 德田胜,并河清等.西瓜果实图像处理识别研究.[日]农业机械学会志,1995,57(2):13~20
- 3 吉川年彦等.用近红外分光法无损评价农产品品质.[日]近畿中国农研,1988,76:35~39
- 4 毛利建太郎.用分光分析法测定评价农产品的品质.农产品测定方法的综合的研究(第4集).[日]农业机械学会[论文集],1992,101~119
- 5 有马诚一,藤浦建史,近藤直等.黄瓜收获机器人的研究(第3报).[日]农业机械学会志,1995,57(1):51~58
- 6 李晓明,岩尾俊男,藤浦建史等.水果损伤图像检测系统(第2报).[日]农业机械学会志,1993,56(1):37~44
- 7 近藤直.新鲜水果的图像特性.农产品测定方法的综合的研究(第4集).[日]农业机械学会,1992,140~165
- 8 E J Van Henten, J Bontsema. Non-destructive crop measurements by image processing for crop growth control. J Agric Engng Res, 1995, 61: 97~105
- 9 H Shimizu, R D Heins. Computer-vision-based system for plant growth analysis. Trans of the ASAE, 1995, 38(3): 959~964