

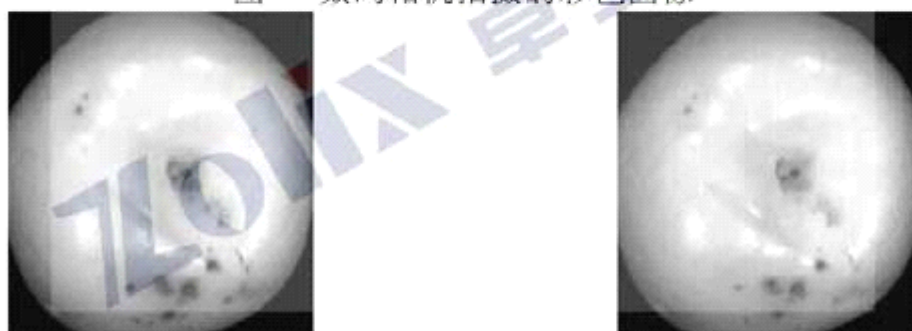
高光谱成像仪在果蔬表面污染和损伤的无损检测中的应用

果蔬表面污染和损伤（例如动物粪便、轻微磕伤、病伤、虫蛀等）的检测对于生产者和消费者来说一直都是很重视的问题。普通的检测方法要么对果蔬表面有一定的损害，要么仅能够检测到部分表征，无法深入分析和检测。应用高光谱成像的方法既能够实现无损检测，又能够快速准确的获取样本的完整的图像信息和光谱信息。通过图像和光谱分析方法，检测果蔬的物理结构、化学成分和表面特征。

在果蔬表面污染和无损检测过程中，使用 HyperSIS 系列高光谱成像检测系统，在 400-1000nm 的可见光和近红外的光谱范围内，综合曝光时间、扫描速度和光谱校正等信息，采集到包括二维的图像像素信息和第三维的波长信息的“三维”图像块。由于高光谱数据具有多光谱通道、高光谱分辨率和连续光谱的特点，可分辨出极接近但不同波长下的两幅不同的图像（见图二），并可得到任意像素点的连续光谱曲线和不同物质的不同光谱曲线（见图三）。图一中，虽然可通过数码相机或人眼看到虫伤的痕迹，但挤压损伤处不是很明显。且在灰度图像中，这样的伤痕是看不到的。只有在某些特定波长下，轻微损伤区域与正常区域之间的光谱值会存在很大差异。

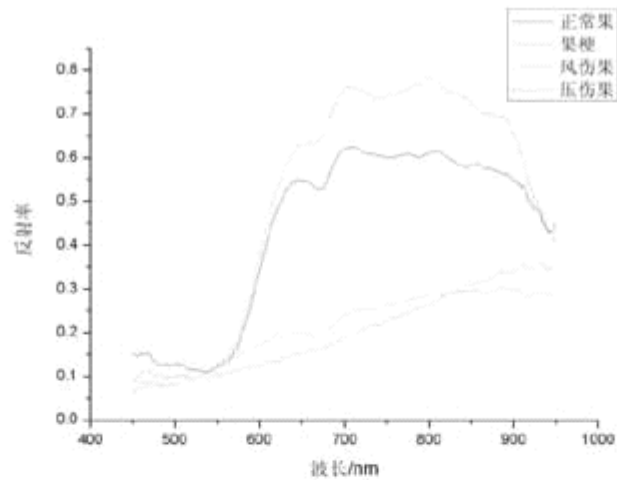


图一 数码相机拍摄的彩色图像



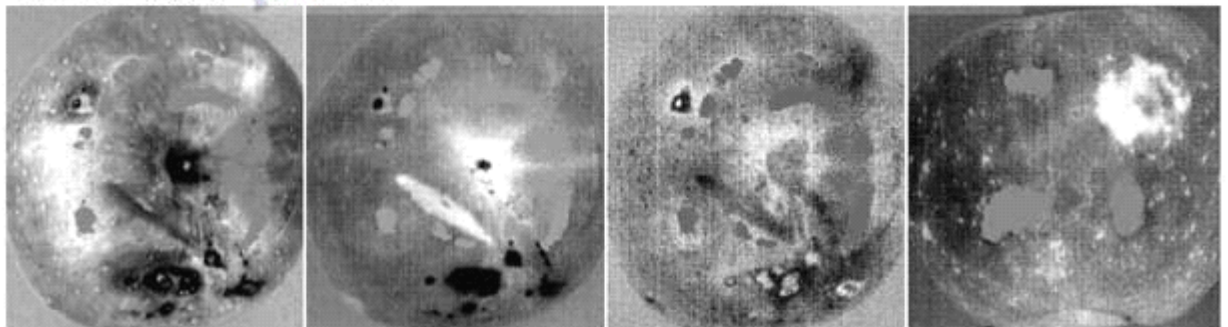
图二 (a) 714nm 单波段图像

(b) 785nm 单波段图像



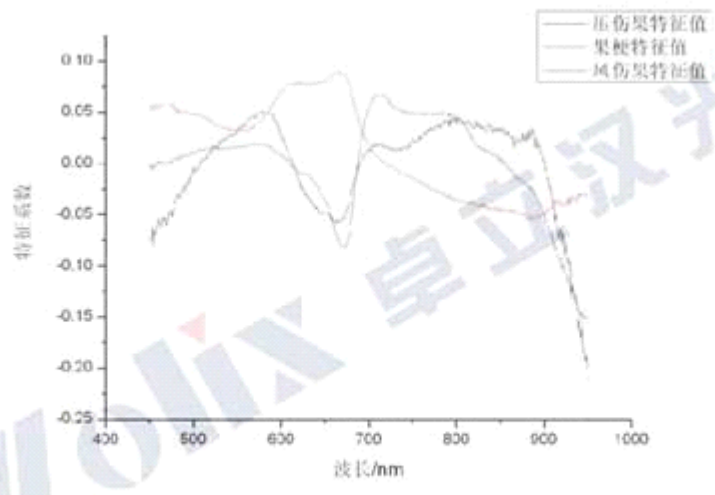
图三 同一苹果的不同位置的反射率光谱曲线

巨大的数据量、不同波段间的相关性和冗余信息、信号噪声等都对数据的处理和分析有着很大的影响。因此必须对数据进行降维和去噪处理。主要处理过程包括 **Resize** (重置图像大小和波段范围)、**ROI** (感兴趣区)、**Mask** (阈值)、**Filter** (中值滤波)、**PCA**(主成分分析)/**MNF** (最小噪声分离)、特征波段提取等。可较准确的分辨出果蔬表面的污染或损伤。图四所示为苹果的各主成分分析图，从第3主成分 **PC3** 和第4主成分 **PC4** 分别可以看出苹果的虫伤和压伤。由于主成分都是由原始数据中的各个波段下的图像线性组合而成的，通过选取权重系数可以得到其特征波段 (见图五)。



(a) 第3主成分 (b) 第4主成分 (c) 第7主成分 (d) 第4主成分

图四 主成分分析图像



图五 权重系数曲线