

# 近红外光谱分析技术在蔬菜品质无损检测中的应用研究进展

谢丽娟, 应义斌\*, 于海燕, 傅霞萍

浙江大学生物系统工程与食品科学学院, 浙江 杭州 310029

**摘要** 蔬菜的无损检测技术包括利用其电学特性、光学特性、声波振动特性以及核磁共振技术、机器视觉技术、电子鼻技术和撞击技术等, 其中应用最广泛、最成功的检测方法是光学方法。近红外光谱分析技术因分析速度快、效率高、成本低、重现性好, 无需样品制备, 无污染等特点, 已成为一种快速、无损的现代分析技术, 在很多领域得到广泛应用。文章介绍了国内外运用近红外光谱分析技术进行蔬菜品质无损检测的研究情况, 分析了该技术应用于蔬菜品质检测时尚存在的问题和今后的研究方向。提出因蔬菜多样性和易腐变性等特点, 需要加快研制近红外自动分析设备, 以提高蔬菜品质检测的速度。指出结合核磁共振技术、图像技术等对蔬菜品质的无损检测是未来发展的趋势。

**关键词** 近红外光谱技术; 蔬菜; 无损检测; 应用

**中图分类号**: S123 **文献标识码**: A **文章编号**: 1000-0593(2007)06-1131-05

## 引言

随着我国加入世贸组织和人民生活水平的日益提高, 蔬菜市场竞争日益加剧, 蔬菜品质特别是营养成分和食用的安全性成为进入国际、国内市场的基本标准。蔬菜品质检测技术, 尤其是无损检测技术对其生产和消费都非常重要。经过几十年的努力, 前人已经研究出一些蔬菜无损检测技术, 包括利用蔬菜的电学特性、光学特性、声波振动特性以及核磁共振技术、机器视觉技术、电子鼻技术和撞击技术等。其中应用最广泛、最成功的检测方法是光学方法, 它综合了光学传感器和数据处理技术, 能对蔬菜品质进行高精度、高效率的检测和自动分选<sup>[1]</sup>。

近红外(near infrared, NIR)光是指波长介于可见区与中红外区之间的电磁波, 其波长范围约为 780~2 526 nm, 波数范围约为 12 820~3 959 cm<sup>-1</sup>, 其主要信息为含氢基团(如 O—H, N—H, C—H, P—H 等)的倍频与合频的吸收, 几乎所有的有机物的一些主要结构和组成都可以在近红外区找到特征吸收信号, 而且谱图稳定, 获取光谱容易<sup>[2, 3]</sup>。由于分析速度快、效率高、成本低、重现性好, 测试方便等特点, 近红外光谱技术已经成为一种快速、高效适合过程在线分析的有力工具, 在食品分析、作物品质分析、饲料分析、石油化工工业分析、制药工业、纺织业、生物医学、矿物学等方面得到了广泛的应用<sup>[4]</sup>。本文主要对其在蔬菜品质无损检测中

的应用研究和发展情况进行了归纳总结。

## 1 国内外研究进展

近红外光谱技术可用来检测蔬菜中的农药残留量、坚实度、缺陷、病变、含水量、淀粉、膳食纤维、维生素、胡萝卜素、还原糖、粗蛋白、干物质、可溶性固形物、有机酸等<sup>[5-9]</sup>, 其检测品种主要集中在大白菜、洋葱<sup>[10]</sup>、马铃薯<sup>[11-13]</sup>、西红柿<sup>[14-18]</sup>、辣椒<sup>[19]</sup>等。

### 1.1 国外研究状况

Belton 等<sup>[20]</sup>使用漫反射和傅里叶红外显微镜方法测定了 10 个果蔬样品(胡萝卜、黄瓜、克威果、辣椒、橙子、梨、土豆、葡萄、苹果和小胡瓜)的细胞壁, 并与 KBr 方法进行了比较, 发现三种方法都能用于区别苹果和非苹果, 但使用不同的方法所得到的光谱有明显变化。

由于干物质含量和含糖量是马铃薯品质的主要评价指标, Martin<sup>[12]</sup>实验验证干物质的近红外校正模型是否受存储时间和收割时间的影响, 同时考察近红外能否用于含高浓度糖分的马铃薯。发现干物质的模型很稳健, 该模型不受时间和存储状态的影响, 但需要随收割时间校正模型, 其标准差变化范围为 1.3%~1.5%, 变异系数(CV)为 5%~6%。同时发现近红外光谱不能用于预测马铃薯的果糖含量。

Singh 等<sup>[13]</sup>用偏最小二乘法(PLS)分别在 700~900 nm, 1 000~1 100 nm, 1 250~1 600 nm 和 850~900 nm, 1 100~

收稿日期: 2006-05-06, 修订日期: 2006-08-16

基金项目: 国家自然科学基金项目(30671197)和教育部“新世纪优秀人才支持计划”基金项目(NCET-04-0524)资助

作者简介: 谢丽娟, 女, 1978年生, 浙江大学生物系统工程与食品科学学院博士研究生 \*通讯联系人 e-mail: ybying@zju.edu.cn

1 200 nm, 1 400 ~ 1 500 nm 波段建立了带皮马铃薯和不带皮马铃薯关于含水量的预测模型, 实验证明在不同波段建立的模型具有更低的方差和更高的可靠性。

Chalucova 等<sup>[21]</sup>研制了带有 CANRI 样品容器的透射测试系统(见图 1), CANRI 样品容器用于测试整个豌豆层, 它的一个重要特征是圆柱玻璃墙和玻璃地面之间没有光学连接件, 可排除用于作为光学导件和单色光的玻璃组件不能透射样品。此研究组提出了绿豌豆成熟指数(酒精不可溶物 AIS、干物质 DM 和硬度 F)的校正和预测数学模型, 该模型对仪器噪声和光程变化进行了补偿, 得到 AIS、DM 和 F 的相关系数( $r$ )和预测均方根(RMSEP)分别是 0.970, 1.12%; 0.964, 0.95%和 0.964, 2.85%, 该方法可用于加工厂按成熟度对豌豆进行在线分级。

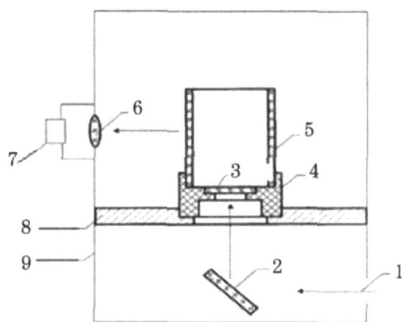


Fig 1 Measure of whole peas transmittance with the CANRI sampler holder

- 1: Monochromatic light; 2: Reflecting mirror; 3: Glass bottom;  
4: Bearer; 5: Glass wall; 6: Focusing optics;  
7: Photodetector(Si photodiode);  
8: Base; 9: Frame of the photometric camera

Roggo 等<sup>[22]</sup>利用甜菜的近红外光谱数据比较定量和定性模型。然而在众多的化学计量学模型中, 确定一种标准往往比较困难。为了选择最准确的化学计量学方法, Roggo 进行了一系列的统计试验。首先, 使用不同的光谱预处理方法(标准归一化(SNV), 一阶、二阶微分)、不同的光谱范围和不同的回归方法(主成分回归(PCR)、PLS、改进的 PLS(MPLS))比较了 54 个预测甜菜含蔗糖量的定量模型。通过检验确定用 SNV、二阶微分和 MPLS 方法处理的模型得到较准确的结果。第二步是进行四种分类方法(线性鉴别模式(linear discriminant analysis: LDA)、K 最近邻法(K nearest neighbors: KNN)、简易分类法(simple modeling of class analogy: SIMCA)、学习矢量量化神经网络(learning vector quantization neural network: LVQ))的比较并确定 SIMCA 具有最好的预测率。同时, Roggo<sup>[17]</sup>指出常规化学方法测蔗糖一般使用乙酸铅, 而重金属是污染物, 应该采用近红外光谱法来替代原来的测试方法。作者还用 NIRS 同时测定了甜菜中的蔗糖、葡萄糖、氮、钠、钾等成分。

Shyam 等<sup>[14]</sup>利用便携式近红外测试系统(见图 2)在波长 702 ~ 1 124 nm 范围内采集已知酸度和糖度值的西红柿汁光谱。为了得到简单的酸糖率(acid:brix ratio: ABR)模型, 将光谱分成 6 段, 同时为了提高预测能力, 采用了不同的光谱

预处理(二阶微分、多元散射校正(MSC)和光谱平滑(smoothing))。结果发现随着波长的增加, 其校正标准偏差(SEC)和预测标准偏差(SEP)减小; 相对于原始光谱, 采用不同的预处理并没有得到更好的预测模型; 在波长 1 059.5 ~ 1 124.8 nm 范围内, SEC 和 SEP 值最小, 均为 0.009,  $r$  最大, 均为 0.92。

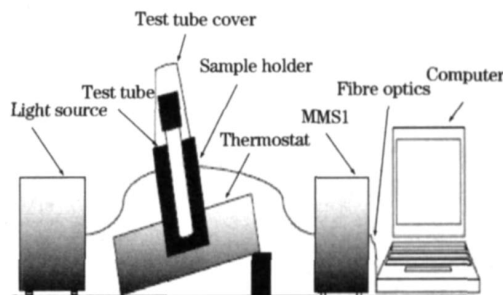


Fig 2 Schematic arrangement of instruments used for measurement of NIR transmittance

Andre 等<sup>[19]</sup>以 42 份西红柿为材料, 采用单变量偏最小二乘法(PLS-1), 用近红外光谱非破坏性测定西红柿的总固形物、可溶性固形物、番茄红素和  $\beta$ -胡萝卜素。采用不同的光谱处理(MSC、二阶微分), 并使用四种方法进行变量选择, 最后确定用 MSC 方法预处理光谱, 将光谱分割成三段能获得最好的模型, 其 RMSEP 和  $R$  分别为: 总固形物 0.4157%和 0.999 8, 可溶性固形物 0.633 3 $^{\circ}$ Brix 和 0.999 6, 番茄红素 21.577 9 mg  $\cdot$  kg $^{-1}$  和 0.999 6,  $\beta$ -胡萝卜素 0.729 6 mg  $\cdot$  kg $^{-1}$  和 0.998 1。

## 1.2 国内研究状况

金同铭<sup>[16-18]</sup>用近红外光谱法非破坏检测西红柿中可溶性固形物、有机酸、维生素 C(Vc)、还原糖、蔗糖、葡萄糖、果糖、柠檬酸、苹果酸和琥珀酸等成分, 采用一阶微分、二阶微分等方法来处理光谱数据, 经多元线性回归分析, 确定了回归方程, 与高效液相色谱法(HPLC)相比, 得到较高的复相关系数和较低的标准偏差。金同铭<sup>[24]</sup>等在波长范围 1 100 ~ 2 500 nm 内用近红外光谱法非破坏分析南瓜中  $\beta$ -胡萝卜素和维生素 E, 以 HPLC 和荧光光度法的测定值为标准, 建立近红外光谱的定量分析方程, 选择一阶导数和 4 个波长进行回归统计, 获得了较好效果。测量结果与上述两种测定法相比其复相关系数分别为 0.998 0 和 0.995 6, 标准误差为 2.87  $\mu$ g/(g  $\cdot$  dw) $^{-1}$  和 0.025 mg/(100 g  $\cdot$  f  $\cdot$  w) $^{-1}$ 。

张德双<sup>[25]</sup>等用近红外光谱法在波长范围为 680 ~ 1 235 nm 内对 5 个大白菜品种从外向内分别测定每片叶片的叶柄及软叶的还原糖、Vc、中性洗涤纤维(NDF)、粗蛋白(CP)、干物质(DW)5 种有机成分。结果表明, 不同叶片中, 除软叶的 Vc 外, 其余叶柄、软叶的各有机成分都是由外向内逐渐增加, 虽个别叶柄与软叶的含量有高低, 但上升的趋势是一致的; 同一叶片中, 软叶的还原糖和 Vc 含量都高于叶柄中的含量, 各品种软叶与叶柄的其他营养成分则有高低, 表现不一致; 北京桔红心(97-8)的还原糖、Vc、NDF、CP 含量是所有品种中最高的。

覃方丽<sup>[19]</sup>等用近红外光谱法取不同品种、不同颜色的鲜辣椒的凸表面点进行可溶性糖和 Vc 含量的测定。在光谱分析中,对各个样品的光谱数据进行 SNV 预处理,以有效去除近红外漫反射光谱中由于散射和颗粒大小所引起的干扰。用 PLS-1 法建模,用交叉证实法确定最佳主成分数即最佳维数。结果发现可溶性糖的分析波长范围为 2 095 ~ 2 381 nm, 1 527 ~ 1 873 nm 和 1 400 ~ 1 429 nm, 内部交叉证实确定最佳维数为 6 阶, 模型的决定系数  $R^2$  为 81.42, SEP 为 1.23 Brix, 校正集相对标准偏差 (RSD) 9.3%; Vc 的分析波长范围为 1 158 ~ 2 441 nm, 内部交叉证实确定最佳维数为 5 阶,  $r^2$  为 83.21, SEP 为 24.17 Brix, RSD 为 9.5%。

王多加<sup>[26]</sup>等运用傅里叶变换近红外光谱仪,利用 Nicolet Omnic5.1 的数据分析软件进行优化处理,选择出最佳谱区、最佳光谱预处理方法即二阶微分处理光谱数据,用 PLS 进行统计分析,利用内部交叉检验证实得到相关系数,计算出绝对误差和相对误差。在收集的 150 个样品中,硝酸盐含量为 900 ~ 5 500  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 分别建立了蔬菜(小白菜和菜心)全植株、完整叶片和剁碎叶片硝酸盐的非破坏直接快速测定方法。结果表明:与国标方法相比,其  $R$  分别为 0.981 3, 0.995 8 和 0.977 9, 检验相对误差分别在 0.84% ~ 11.42%、0.76% ~ 6.87% 和 0.88% ~ 10.83% 范围内,检测一个样品仅需 1 min, 无任何检测材料消耗。

周向阳<sup>[27]</sup>等利用倍频区 1 908 nm 附近的含磷基团的特征信号,采用傅里叶变换近红外光谱法对十字花科、旋药科、菊科、伞形花科、苋科等 20 余种叶菜类中有机磷农药残留的鉴别进行了系统研究。以农药甲胺磷为主要研究对象(见图 3), 结合其他三种高、中、低毒有机磷类进行分析测试,采用差谱技术、导数预处理等进行指认,研究出油菜中甲胺磷残留定性和定量检测的分析模型,并发现波长在 1 908 nm 时其特征吸收不受蔬菜品种的干扰。此方法的检测限为  $1.0 \times 10^{-6} \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 分析结果与 GC-MS 非常接近,为有机磷农药残留的快速分析提供了一种简便、快速、可靠的手段。

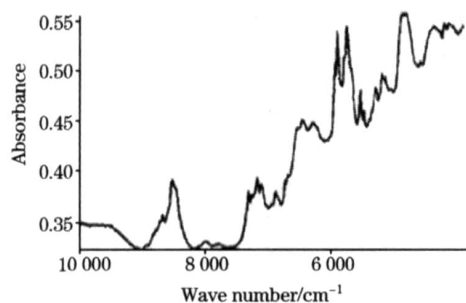


Fig 3 Original NIR spectra of methamisophos

马广<sup>[28]</sup>等用傅里叶近红外光谱仪(见图 4)测定了荸荠的 MT(Magness-Taylor)硬度。在 800 ~ 2 500 nm, 830 ~ 1 250 nm 和 860 ~ 1 090 nm 等不同波段上,用 PLS、主成分回归(PCR)和逐步回归(SMLR)建立荸荠近红外光谱和硬度的统计模型。结果表明 PLS 模型优于其他模型,全波段 800 ~ 2 500 nm 优于其三个波段,PLS 模型的  $r$ , 校正均方根(RM-

SEC), RMSEP 和 误差均方根 (RMSECV) 分别是 0.74, 4.96, 5.63, 和 5.38, N。

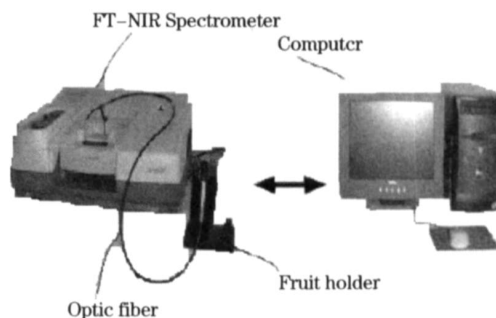


Fig 4 Schematic of NIR spectra detecting system

蒋焕煜<sup>[29, 30]</sup>等分别用傅里叶变换近红外漫反射光谱法(见图 5)测定西红柿叶片中的水分含量和叶绿素,用 PLS 模式探讨不同的光谱处理方法(不同波长范围、基线校正、平滑、一阶和二阶微分),从而获得较好的预测模型。

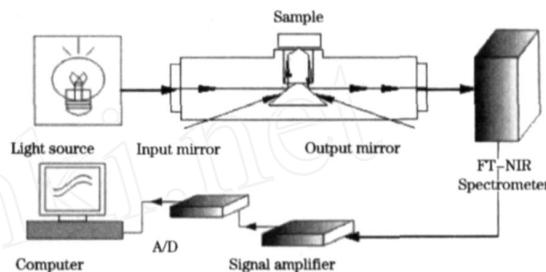


Fig 5 Schematic of NIR sensing system for acquisition of background and samples

## 2 近红外光谱分析技术尚存在的问题

虽然利用可见光透射与反射技术测定蔬菜品质始于 20 世纪 50 年代,但从目前国内外研究进展情况来看,主要还是停留在实验室研究上,研究成果离大规模推广应用尚有一定距离,还需要解决很多问题。

(1) 由于蔬菜品种的多样性和品质的易腐变性,对其质检时限和环节提出了特殊要求,因此,尽管近红外光谱分析技术具有快速、绿色、环保等特点,能对各种蔬菜进行定性和定量的分析,满足过程分析的要求<sup>[31, 32]</sup>,但需要加快研制近红外自动分析设备,使近红外光谱分析技术真正应用于生产实际,提高蔬菜品质检测的速度。在一些发达国家,市场上出售的蔬菜产品都标明了品质级别,按质论价,有利于保护消费者利益。

(2) 目前对蔬菜的分析都是在假定其为均匀物质,也就是只能分析蔬菜空间各点的平均光谱,与实际不符。

(3) 近红外光谱容易受到取样位置(如不同的叶片部位)、装样条件等的影响,测定条件不易完全一致,易引起以系统误差为主的光谱不确定性<sup>[2]</sup>,因此,需要减少外界干扰因素对测量精度的影响,提高校正模型的稳健性。同时,要建立测量精度与仪器精度、建模方法之间的定量关系,并得出实现预期测量精度的必要硬件要求。

(4) 目前建立的关于各种成分的模型都是在一定条件下建立的,即使是同一品种的蔬菜在不同的测量条件下其模型也是不同的。

(5) 由于近红外光谱分析技术为“黑匣子”分析技术,化学计量学模型比较复杂、抽象,物理意义还不明确。

### 3 今后的研究方向

为了提高检测速度,近红外光谱分析技术可与核磁共振

等技术结合起来,真正实现瞬时分析;为了得到空间各点的光谱,需要把光谱技术与图像技术结合在一起,从而获得蔬菜各点的结构和组成信息;需要继续对模型进行校正,提高模型的通用性;需要分析数学模型中重要参数的意义,了解模型的建立过程,以帮助明确影响系统构成的主要因素和系统特征,为测量结果的误差分析和测量方法、测量条件的优化提供物理依据。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] ZHANG Li-bin, HU Hai-gen, JI Shi-ming, et al(张立彬, 胡海根, 计时鸣, 等). Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering(农业工程学报), 2005, 21(4): 176.
- [ 2 ] YAN Yan-lu, ZHAO Long-lian, HAN Dong-hai, et al(严衍禄, 赵龙莲, 韩东海, 等). The Basic and Application of Near-Infrared Analysis(近红外光谱分析基础与应用). Beijing: Chinese Light Industry Press(北京: 中国轻工业出版社), 2005.
- [ 3 ] WANG Duo-jia, ZHOU Xiang-yang, JIN Tong-ming, et al(王多加, 周向阳, 金同铭, 等). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2004, 24(4): 447.
- [ 4 ] XU Guang-tong, YUAN Hong-fu, LU Wan-zhen(徐广通, 袁洪福, 陆婉珍). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2000, 20(2): 134.
- [ 5 ] PANG Lin-jiang, LU Xing-hua, WANG Jun(庞林江, 路兴花, 王 俊). Chinese Agricultural Mechanization(中国农机化), 2003, 5: 19.
- [ 6 ] ZHANG Jun, CHEN Jin-xian(张 军, 陈瑾仙). OME Information(光机电信息), 2003, (5): 24.
- [ 7 ] Judith A Abbott. Postharvest Biology and Technology, 1999, 15: 207.
- [ 8 ] Jackman R L, Marangoni A G, Stanley D W. Hort Science, 1990, 25: 781.
- [ 9 ] Katayama K, Komaki K, Tamiya S. Hort Science, 1996, 31: 1003.
- [ 10 ] CHEN Chen L, Wilsen R H, Mccann M C. Journal of Molecular Structure, 1997, 408/409: 257.
- [ 11 ] Hong T L, Tsou S C S, Tsai S J, et al. Journal of Near Infrared Spectroscopy, 1998, 6: 321.
- [ 12 ] Martin G Scanlon, Mervyn K Pritchard, Lorne R Adam. J. Sci. Food Agric., 1999, 79: 763.
- [ 13 ] Singh B, Wang N, Prasher S, et al. American Society of Agricultural Engineering(ASAE) Annual Meeting, 2004.
- [ 14 ] Shyam N, Matsuoka Jha, T. International Journal of Food Science and Technology, 2004, 39: 425.
- [ 15 ] Andre M K Pedro, Marcia M C Ferreira. Anal. Chem., 2005, 77: 2505.
- [ 16 ] JIN Tong-ming(金同铭). Instrumentation Analysis Monitoring(仪器仪表与分析监测), 1996, (1): 53.
- [ 17 ] JIN Tong-ming(金同铭). Instrumentation Analysis Monitoring(仪器仪表与分析监测), 1997, (2): 32.
- [ 18 ] JIN Tong-ming(金同铭). Instrumentation Analysis Monitoring(仪器仪表与分析监测), 1997, (3): 49.
- [ 19 ] QIN Fang-li, MIN Shun-geng, SHI Zheng-qiang, et al(覃方丽, 闵顺耕, 石正强, 等). Chinese Journal of Analysis Laboratory(分析试验室), 2003, 22(4): 59.
- [ 20 ] Belton P S, Kemsley E K, McCann M C, et al. Food Chemistry, 1995, 54(4): 437.
- [ 21 ] Chalucova R, Krivoshev G, Mukarev M, et al. Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie, 2000, 33(7): 489.
- [ 22 ] Roggo Y, Duponchel L, Ruckebusch C, et al. Journal of Molecular Structure, 2003, 654(1): 253.
- [ 23 ] Roggo Y, Duponchel L, Huvenne J P. J. Agric. Food Chem., 2004, 52(5): 1055.
- [ 24 ] JIN Tong-ming, LIU Ling, WU Zeng-ru(金同铭, 刘 玲, 吴增茹). Instrumentation Analysis Monitoring(仪器仪表与分析监测), 1998, (2): 61.
- [ 25 ] ZHANG De-shuang, JIN Tong-ming, XU Jia-bing, et al(张德双, 金同铭, 徐家炳, 等). Acta Agriculturae Boreali-Sinica(华北农学报), 2000, 15(1): 108.
- [ 26 ] WANG Duo-jia, ZHONG Jiao-e, HU Xiang-na, et al(王多加, 钟娇娥, 胡祥娜, 等). Chinese Journal of Analytical Chemistry(分析化学), 2003, 31(7): 892.
- [ 27 ] ZHOU Xiang-yang, LIN Chun-zhong, HU Xiang-na, et al(周向阳, 林纯忠, 胡祥娜, 等). Food Science(食品科学), 2004, 25(5): 151.
- [ 28 ] Ma Guang, Ying Yibin, Fu Xiaping, et al. Proc. of SPIE, 2005, 5996: P59660 K.
- [ 29 ] Jiang Huangyu, Ying Yibin, Liu Yande. SPIE, 2005, 5587: 245.
- [ 30 ] Jiang Huangyu, Ying Yibin, Bao Yingshi. Proc. of SPIE, 2005, 5996: 59912.
- [ 31 ] KE Yi-kan, DONG Hui-ru(柯以侃, 董慧茹). Analytical Chemistry Manual - Spectral Analysis(分析化学手册第三分册·光谱分析). Beijing: Chemical Industry Press(北京: 化学工业出版社), 1998, 176.

[32] YING Yi-bin, LIU Yan-de, FU Xia-ping(应义斌, 刘燕德, 傅霞萍). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2006, 26(1): 63.

## Application of Near Infrared Spectroscopy Technique to Nondestructive Measurement of Vegetable Quality

XIE Li-juan, YING Yi-bin\*, YU Hai-yan, FU Xia-ping

College of Biosystems Engineering and Food Science, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China

**Abstract** Nondestructive detection techniques of vegetable include electrical properties, optical reflectance and transmission, sonic vibration, nuclear magnetic resonance (NMR), machine vision, aromatic volatile emission, vibration characteristics and others. The most widely employed and successful technique is to use its optical property. Near infrared spectroscopy technique is extremely fast, highly efficient, cheap to implement, of good recurrence and no sample preparation, and is a rapid and non-destructive modern measuring technique that has been widely used in many fields. In the present paper, the application of near infrared spectroscopy technique to nondestructive measurement of vegetable quality was briefly introduced. Some considerable aspects existing in the application were also discussed, and it is pointed out that because of vegetable's diversity and rot-proneness, automation analysis machine should be developed to improve the speed of quality detection, and cooperating with several other nondestructive techniques, such as NMR and machine vision, is the research trend.

**Keywords** Near infrared spectroscopy technique; Vegetable; Nondestructive measurement; Application

(Received May 6, 2006; accepted Aug. 16, 2006)

\* Corresponding author

### 首届沈阳国际微流控学学术论坛(SICOM)第一轮会议通知

首届沈阳国际微流控学学术论坛(The First Shenyang International Colloquium on Microfluidics)将于2007年10月21~24日在沈阳举行。本届会议由沈阳市政府、国家自然科学基金委员会主办,东北大学承办。方肇伦院士担任会议主席。

会议主要议题包括:微流控和纳流控操控技术和理论模型、微流控和纳流控元件和装置加工方法和技术、微流控芯片新材料及材料改性方法和技术、微流控系统的进样与试样处理和分离、微流控检测系统的微型化与集成化以及微流控系统在化学、生物学和医学中的应用。会议同时举办相关设备和产品的展览会。

会议将邀请微流控学领域14位世界顶尖或知名学者作大会报告。此次会议旨在为全世界,尤其是亚洲和发展中国家从事微流控学基础、应用和开发研究的学者提供多学科交叉的、可实现广泛和深入学术交流的平台,促进微流控学的发展。我们竭诚欢迎从事微流控学及相关领域研究的专家、学者以及从事微流控学领域内产品研发的公司代表参加首届沈阳国际微流控学学术论坛。

详细信息请浏览 [www.sicom.org.cn](http://www.sicom.org.cn)

联系方式:东北大学分析科学研究中心 332 信箱秘书处; 邮政编码:110004;

电话:024-83687659; 传真:024-83676698; 电子邮件: [sicom@mail.neu.edu.cn](mailto:sicom@mail.neu.edu.cn)

首届沈阳国际微流控学学术论坛组委会