

拉曼光谱技术在农产品质量安全检测中的应用

刘燕德, 靳昱昱

华东交通大学光机电技术及应用研究所, 江西 南昌 330013

摘要 农产品的质量安全与我们老百姓的身体健康和生命安全密不可分。传统的化学检测方法具有需要样品前处理, 操作过程复杂以及破坏样品等诸多缺陷。拉曼光谱技术作为一种分析、测试物质分子结构强有力的表征手段, 可以快速实现样品的无损伤、定性定量检测分析。随着拉曼光谱技术的不断完善和应用范围的逐渐拓宽, 拉曼光谱技术在农产品的质量安全检测中发挥着极其重要作用, 并且具有广阔的应用前景。目前, 已经有大量的基于拉曼光谱技术检测农产品质量安全的相关研究报道, 为了解拉曼光谱技术的检测原理以及发展现状, 并跟踪国内外最新研究进展, 简述了拉曼光谱技术的基本原理及其发展、拉曼光谱检测装置, 深入综述了拉曼光谱技术在果蔬、禽畜、粮食质量安全检测中的最新研究进展, 指出了拉曼光谱技术应用在农产品质量安全检测中的现存的技术问题。另外, 还简要介绍了国内外部分拉曼光谱仪的部分信息和便携式拉曼光谱仪专利申请状况, 展望了该项技术的研究方向和应用前景。

关键词 拉曼光谱; 果蔬; 禽畜; 粮食

中图分类号: O657.3

文献标识码: A

DOI: 10.3964/j.issn.1000-0593(2015)09-2567-06

引言

我国是农业大国, 农产品的质量安全与我们老百姓的身体健康和生命安全密不可分。随着光谱技术的成熟和农业现代化道路的发展, 拉曼光谱技术在农产品研究领域中获得越来越广泛的应用。

本文从拉曼光谱技术的基本原理及其发展出发, 简述了拉曼光谱技术的检测装置, 重点介绍了拉曼光谱技术在果蔬、禽畜、粮食质量安全检测中的最新研究进展, 指出了其应用在农产品质量安全检测中的技术问题, 另外, 还简要介绍了国内外部分拉曼光谱仪的信息和便携式拉曼光谱仪专利申请状况, 展望了该项技术的研究方向和应用前景。

1 拉曼光谱技术的基本原理及其发展

拉曼光谱是一项重要的分子非弹性散射光谱, 由分子的振动或转动获得其结构、对称性、电子环境等分子信息。不同物质的拉曼光谱不一样, 即拉曼光谱又称为“指纹谱”。因此, 可在拉曼效应基础上通过分析其拉曼峰位、峰强、线型、线宽及谱线数目达到从分子水平对样品进行定性、定量和结

构的分析。

拉曼光谱技术已经经历了 80 多年的发展历程, 它依靠其众多的优势已成为检测和分析仪器中的新宠。随着科技的进步和现代化工农业发展的需要, 许多学者已经将目光转移到便携式、耐高温、多方法联用拉曼技术等, 从实验室转移到工农业生产实践中, 为检测农产品质量安全提供了更为有力的技术支持。其中开发便携式拉曼光谱仪成为近年来光谱技术和应用领域中最为热门的研究方向之一。据不完全统计, 我国涉及拉曼光谱技术的专利总共有 680 余项, 其中 2005 年至今涉及到便携式拉曼光谱仪的自身结构设计的专利有 57 篇, 各年份的申请数量见表 1^[1]。

Table 1 The number of patents related to portable Raman spectrometer designed its tructure from 2005—2013

年份	数量	年份	数量
2005	2	2010	8
2006	2	2011	18
2007	1	2012	7
2008	7	2013	6
2009	6		

注: 2012, 2013 年申请的专利尚未完全公开, 表中所列数量仅作参考

收稿日期: 2014-05-18, 修订日期: 2014-10-05

基金项目: 国家自然科学基金项目(61178036), 赣鄱英才 555 工程领军人才培养计划项目(2011-64), 江西省光电检测工程技术研究中心项目(赣科发财字[2012]155号)资助

作者简介: 刘燕德, 女, 1967年生, 华东交通大学光机电技术及应用研究所教授 e-mail: jxliuyd@163.com

我国拉曼光谱技术研发尚处于起步阶段,但也已经研制和开发了一些具有我国自主知识产权的拉曼光谱仪。上个世纪末浙江大学光仪系自行设计研制出 LRZ-1 型拉曼光谱仪;2009 年戴连奎教授为首的团队推出了国内首台应用于对二甲苯装置的在线拉曼光谱仪;2012 年由中科院长春光机所投资的企业-长春新产业光电技术公司,自主研发设计的激光

拉曼光谱仪试制成功;自 2009 年开始,江阴极光仪器科技有限公司联合清华大学、北京有研总院和北京计量科学研究院已经研发了具有自主知识产权的多种拉曼仪器设备;2011 年中国海洋大学携深海激光拉曼光谱仪亮相等等。表 2 给出了国内外部分拉曼光谱仪的信息,包括公司、仪器型号、激光波长、光谱范围、分辨率。

Table 2 Information of Raman spectroscopy

公司	拉曼光谱仪型号	激光器波长/nm	光谱范围	分辨率/cm ⁻¹
美国尼高力仪器公司	Almega XR	785/633/532	400~1 050 nm	2
美国海洋光学仪器公司	IDRaman micro	785/532	200~2 000 cm ⁻¹ 200~3 200 cm ⁻¹	4 8
英国雷尼绍公司	InVia	多种可选	200~1 000 nm	1
法国 JY 公司	LabRAMHR800	633/514	100~4 000 cm ⁻¹	1
Jasco 日本分光	NRS-3000	可见光-近红外区 紫外-近红外区	50~8 000 cm ⁻¹	1
美国 Rigaku Raman 公司	1st Guard	532 785	300~3 000 cm ⁻¹ 500~1 800 cm ⁻¹	10~12
北京卓立汉光仪器有限公司	UVRaman100	多种可选	50~4 000 cm ⁻¹ 25~4 000 cm ⁻¹ (可见区)(紫外区)	4 3

2 拉曼光谱检测装置

从拉曼光谱仪的分光系统上来看,一般可分为色散型和非色散型。色散型系统最常用的色散元件是光栅和棱镜,非色散型系统以傅里叶变换拉曼光谱仪为代表。图 1 为拉曼光谱仪的示意图,它主要由以下几个基本部分构成:激光光源、外光路系统、样品池、单色仪、检测和记录系统。对拉曼光谱仪的一般要求是最大程度地检测到样品的拉曼散射光,有较高的分辨率和频移精度,合适的激光波长和光谱范围等。

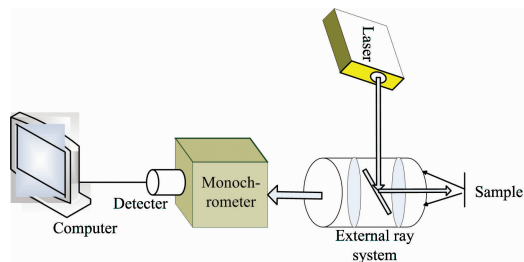


Fig. 1 Composition of Raman spectrometer

2.1 激光光源

由于激光具有单色性好、方向性强、亮度高、相干性好等特性,是拉曼光谱仪的理想光源。根据检测物质的物态不同,可把激光器分为气体激光器、固体激光器、液体激光器、半导体激光器和自由电子激光器等。拉曼散射强度与激发光频率的四次方成正比,因此激发光频率越高,激发效果越明显。另外激发波长越接近分子的最大吸收峰处的波长,越容易产生共振效应,拉曼信号越强。激光波长的选择对于检测结果有着重要的影响,典型激光器激发波长有:紫外光(244, 257, 325 和 364 nm)、可见光(457, 488, 514, 532,

633 和 660 nm)和近红外光(785, 830, 980 和 1 064 nm)。

2.2 外光路系统

拉曼光谱仪外光路系统是指在激光器之后,单色仪之前的光学系统。为了充分利用光源能量、消除瑞利散射光、减少光化学反应和杂散光,外光路系统围绕最大限度地收集拉曼散射光为设计核心。激光器输出的激光经二向色镜反射、收集光路聚焦照射到探测样品上,探测样品产生的散射光经收集光路收集、二向色镜和滤光片滤除瑞利散射光,再经聚光透镜准确地聚集在单色仪的入射狭缝上,从而最大限度地收集样品的散射光^[2]。

2.3 样品池

在可见光范围内,拉曼散射光不会被玻璃制品所吸收,因此采集拉曼光谱时可将样品放在玻璃制成的样品池中。样品池的式样由实验要求和样品的材料决定,包括液体池、气体池和毛细管等。对于常量样品,可以放入一些常规的试剂瓶中测量,对于微量的固体、液体、微晶体等样品可放在毛细管中或玻璃片上测量。

2.4 单色仪

单色仪是拉曼光谱仪的心脏部分,它是将紫外、可见及红外三个光谱区的复合光通过光栅衍射的方法获得单色光或有一定宽度的谱带,并实现光谱在 CCD 上的精确成像。单色仪由入射狭缝、出射狭缝、准直镜和色散元件组成。棱镜和光栅都可以作为色散元件,但两者相比,光栅可以实现更高的分辨率,更宽的波长范围。目前多使用光栅单色仪作为拉曼光谱仪的分光单色器。光栅的分辨率与光栅的宽度、光栅单位宽度的刻痕数成正比。光栅的分辨率、色散和狭缝宽度等决定了单色仪的分辨力。

具有光谱范围宽、分辨率高、自动波长扫描,完整的控制功能及自动测试系统的现代单色仪层出不穷。通常将两个光栅单色仪串联构成双单色仪,来有效消除杂散光,提高仪

器信噪比。如图 2 中,寇婕婷等设计的平面光栅双单色仪充分发挥了双光栅单色仪的优越性,保证了出射光斑能够完全由探测器接收,不会因出射光通量损失而引入测量误差。

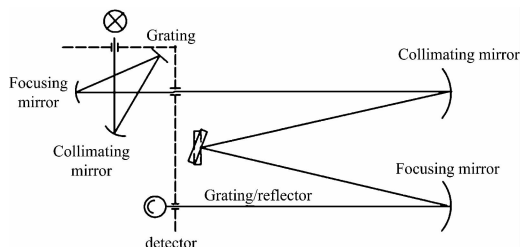


Fig. 2 Optical structure of the instrument

2.5 检测和记录系统

单色仪出射狭缝出现的光信号必须要经过光电探测器、信号放大器,然后才可以输入记录仪记录数据或输出至计算机。光电探测器常用光电倍增管(PMT)和电荷耦合探测器(CCD)。PMT在20世纪90年代以前是拉曼光谱仪最重要的探测器,GaAs光阴极光电倍增管为典型PMT探测器。近年来,普遍采用灵敏度较高、体积小的CCD阵列作为拉曼光谱探测器,其多通道探测特性可以同时获得各个波长点的光谱数据。此外,CCD本身结构紧凑及其自扫描特性使得测量无需配置较为复杂的机械零件,从而使测量更方便、准确。

3 拉曼光谱技术在农产品质量安全检测中的应用

3.1 拉曼光谱在果蔬质量安全检测中的应用

3.1.1 内部品质检测

水果和蔬菜富含丰富的维生素、纤维素和矿物质等,是人们生活中不可或缺的副食品。将拉曼光谱技术应用于果蔬内部品质检测取得了一系列的研究进展,国内外已有一些相关的应用性成果。

Da Silva等^[3]利用NIR-FT-Raman技术开展了玫瑰果中的类胡萝卜素、亚麻油酸和不饱和脂肪酸的检测。Malekfar等^[4]利用SERS技术对西红柿汁的质量参数进行评估,用银胶作基底,成功检测出西红柿中碳水化合物和蛋白质的拉曼特征峰。药林桃等^[5]建立脐橙果肉糖度和硬度的三层BP神经网络模型,运用激光拉曼光谱技术来检测脐橙内部品质。该实验模型简单、检测速度快,为今后果蔬的适时、在线检测奠定了基础。王笑等^[6]研究得到大蒜的蒜氨酸及其同系物甲基蒜氨酸的拉曼全谱图,在波段 $1700\sim 200\text{ cm}^{-1}$ 范围内能够检测到这两种氨基酸显著拉曼峰,且红外及拉曼光谱具有明显差异。研究表明,红外及拉曼光谱技术为蒜氨酸及其同系物的快速、简便的分析提供了有效方法。以上研究结果表明,拉曼光谱技术是一种快速、敏感、可靠的食品内部品质检测和表征方法。

3.1.2 外部品质检测

近年来利用拉曼光谱技术对果蔬外部品质的检测不断取得进步,并且达到了简便、准确、快速的目的。主要有对果蔬的成熟度分级,检测表面受污、缺陷以及检测残留农药和

激素等。

Muik等^[7]将冻伤的橄榄、地上捡的橄榄、发酵的橄榄、有疾病的橄榄和完好的橄榄利用FT-Raman和模式识别相结合鉴别分析,SIMCA模型的预测准确率在92%以上。Trebolazabala等^[8]利用便携式和共焦显微拉曼光谱仪在两种不同的激光波长下对两个成熟阶段(生和熟)的番茄直接进行分析,发现生番茄的主要识别成分是角质和表皮蜡,熟番茄的主要识别成分是胡萝卜素。

用拉曼光谱技术来研究农药、激素在果蔬表面上的残留具有很强的实用性。首先必须要有一套相应的数据库:①所检测果蔬的拉曼光谱;②各种农药、激素及其他异物的拉曼光谱。然后才能从果蔬的现场拉曼谱中区分果蔬的本征谱和农药谱。Shende等^[9]发明了SERS采样装置用于检测水果表面及果汁中的农药残留,大部分有机磷农药的检出限为 $100\sim 10\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,苹果表面的地虫磷检出限为1%。李永玉等^[10]也以苹果为载体,利用激光显微拉曼光谱技术无损快速检测其表面的敌百虫农药,结果发现在波长441和 620 cm^{-1} 处可识别苹果表面敌百虫农药残留。刘文涵等对蔬菜红辣椒表面残留的不同浓度的农药甲基毒死蜱进行拉曼光谱检测,实验表明该技术可用于农药残留的测定。6-苄基腺嘌呤(6-BA)作为植物生长调节剂在豆芽生产中广泛使用,但残留过多将会有害健康。张萍等^[11]将快速溶剂提取前处理技术与便携式SERS技术相结合建立快速检测豆芽中6-BA残留物模型,通过对不同浓度的6-BA插标绿豆芽和自发豆芽进行试验研究,发现SERS特征峰强与6-BA浓度呈良好的线性关系,相对标准偏差较小。

3.2 拉曼光谱技术在畜禽产品质量安全检测中的应用

3.2.1 品质检测

国内外已经利用拉曼光谱技术在禽畜品质检测方面进行了大量试验研究,并取得了丰富的研究成果,主要集中在对禽畜产品的成分测定和品质鉴定、评价等方面。Beattie等^[12]运用拉曼光谱技术结合PLS证实了鸡肉、牛肉、羊肉和猪肉的多汁性是由其疏水性相互作用决定的,该方法为研究禽畜产品提供了一种新的检测手段和研究思路。Boyaci等^[13]利用拉曼光谱技术结合PCA从不同种类的肉(牛、羊、猪、鱼、家禽、山羊和水牛)和他们的香肠产品中共获得132种脂肪样本,通过脂肪样本拉曼图谱的不同成功区分了他们的起源。孙卫青等^[14]利用电子顺磁共振(EPR)、高效液相色谱和高分辨率电喷雾质谱联用(HPLC-ESI-HR-MS)、傅里叶红外光谱(FTIR)和红外激光拉曼光谱四种波谱综合分析鉴定煮腌肉色素(CCMP)的结构。

拉曼光谱技术可有效检测蛋白质二级结构及主侧链构象,是一种在X射线衍射技术、核磁共振技术和表面等离子共振技术之外研究蛋白质结构的新的检测手段。狄伶等^[15]发现鸡蛋外壳膜在785 nm激发光源下可检测出其蛋白质的拉曼特征峰。曹锦轩等^[16]利用拉曼光谱技术解析了肌原纤维蛋白在腊肉加工过程中主链构象及微环境的变化。

3.2.2 安全检测

近些年,各种食品安全事件不断出现,比如含敌敌畏的金华火腿事件、阜阳劣质奶粉事件、瘦肉精事件、三聚氰胺

婴幼儿奶粉事件和注水肉问题等^[17]。这些禽畜产品质量安全事件的出现,给农畜产品的质量安全检测技术提出更高的要求。

三聚氰胺富含氮,很容易与天然蛋白质混淆而存在于乳制品中。Okazaki 等^[18]发现检测三聚氰胺的最佳波峰为 676 cm^{-1} ,检测极限约为 1%。由于该方法不需要样品预处理,减少了在三聚氰胺提取或者化学反应中对结果可能产生的误差风险。Yazgan 等^[19]通过表面增强拉曼光谱结合具有磁性和拉曼标记的纳米颗粒来检测牛奶中三聚氰胺。通过绘制 $1\ 330\text{ cm}^{-1}$ 处拉曼强度与三聚氰胺的浓度关系的校准曲线,发现线性关系良好,决定系数为 0.997。通过对脱脂奶中掺入不同浓度的三聚氰胺样品进行实验,当加入浓度范围 $2\sim 15\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 三聚氰胺回收率为 $95\%\sim 109\%$,RSD 为 1.71%,总分析时间仅小于 15 min。Radzol 等^[20]利用 SERS 检测奶粉中三聚氰胺,得出的结论是:拉曼光谱用金衬底能够检测到含有微量三聚氰胺的婴幼儿配方奶粉。牛奶中三聚氰胺不需要任何物理或化学处理,通过解读其拉曼散射光谱就可以立即检测出来。

刘峰等^[21]基于 SERS 法发明了便携式三聚氰胺速检测仪,具有样品前处理步骤简单、线性度好、灵敏度高、检测速度快等优点,适用于现场快速分析。汤俊琪等^[22]采用在合成银胶时加入适量的 NaOH,制成碱性银胶,并将其制备成银斑点应用于掺杂三聚氰胺的牛奶样品检测,获得了三聚氰胺掺杂量和拉曼强度的线性关系式,具有检测速度快、检测范围宽、成本低和检出限更低等优势。

3.3 拉曼光谱技术在粮食质量安全检测中的应用

民以食为天,食以粮为先,粮以质为本。粮食质量与人民群众的生命健康息息相关。粮食在加工和储存过程中容易发生酸败变质,严重影响了食品卫生安全。拉曼光谱技术在粮食质量安全检测方面取得了一系列研究成果,体现出重要的参考价值和应用潜力。

Table 3 The foreign study of grain quality and safety determination by Raman spectroscopy

名称	研究内容
小麦	研究小麦在灌溉期间其胚乳细胞壁中阿拉伯木聚糖的变化 ^[23] 。
大豆	分析脱酰胺化的大豆分离蛋白质分子微观结构的变化规律 ^[24] 。
玉米	应用拉曼光谱和多元校正分析法测定淀粉中直链淀粉的含量 ^[25] 。
水稻	利用表面增强拉曼光谱技术对水稻残留农药三环唑含量进行测定 ^[26] 。
马铃薯	通过电子顺磁共振和拉曼光谱技术研究马铃薯淀粉中热活化自由基的形成 ^[27] 。

国外对粮食的研究报道有很多,如表 3 列出了一些在小麦、大豆、玉米、水稻、马铃薯的拉曼光谱研究。目前,国内应用拉曼光谱技术对粮食作物的检测还处于摸索阶段。黄晓仪等^[28]结合差示扫描量热和激光拉曼光谱技术研究玉米淀粉与酪蛋白复合物的热力学性质和分子结构的变化,发现玉

米淀粉/酪蛋白凝胶的硬度、黏附性、胶黏性、咀嚼性与玉米淀粉和酪蛋白之间的比例有密切关系,经激光拉曼光谱分析,淀粉分子与酪蛋白分子之间因相互作用不同而使其微观结构有所不同。

4 拉曼光谱技术应用在农产品质量安全检测中的技术问题

拉曼光谱作为一种特殊的检测手段,正逐渐向高精度、便携式方向发展,它在农产品质量安全检测方面具有极强的研究潜力和应用价值,但目前大多数拉曼光谱设备仍不完善,需要进一步改进和优化。

(1)农产品样本产生的荧光现象对拉曼光谱造成很强的背景干扰,荧光背景往往比拉曼信号强几个数量级,影响光谱分析。为了降低或扣除荧光背景的干扰,人们常采用以下措施:选择合适的激发波长、对样品进行预处理、光谱曲线拟合、滤波去噪等。刘兵等^[29]提出了在探头系统中采用黑点板遮挡杂散光的新方法,仿真结果发现,该方法对激光反射杂散光的整体抑制水平达到 10^{-13} 数量级,满足了拉曼光谱仪对于杂散光抑制水平的要求。

(2)拉曼散射强度容易受光学系统参数等因素的干扰,因此,设置合理的系统参数,优化系统模型,可以提高检测结果的准确性。

(3)激光照射时间过长会导致样品灼烧、变性等,可以使用耐高温的测样附件和适当降低样品照射时间来避免热效应的产生。

(4)对于不同农产品的质量安全检测,其精确的拉曼图谱资料非常缺乏,急需建立可靠的拉曼标准图谱数据库,需要我们拓宽思路以市场为导向满足精确农业的发展需求。

(5)目前拉曼光谱检测指标和检测方式单一;多以实验室研究为主以及光束无法穿透不透明的包装;易受农产品温度、检测部位及环境等因素影响,稳定性很难保持。建议今后在多指标适时、动态在线检测和具体补偿算法等方面做一些深入研究。

(6)我国对仪器硬件和软件的设计经验不足,拉曼光谱检测设备的需求依赖进口,制约着低成本、高精度、便携式拉曼光谱仪的推广应用。利用拉曼光谱设备进行农产品质量安全检测目前尚处于研究阶段,建议今后吸取国外拉曼光谱仪的设计经验、立足国内技术和资源,开发出实用性强、价格低廉的便携式拉曼光谱仪,并投入实际生产应用中。

5 结束语

拉曼光谱技术在农产品中的应用虽然起步较晚,但是凭借其无需样品前处理、无损伤以及操作简便、快速等优点在农产品质量安全检测中获得了广泛应用,并且逐渐向跨学科、多领域发展,诸如农业物理学、农业生态学和农业生物学等领域。随着拉曼光谱技术的不断完善和应用范围的逐渐拓宽,极大地推进了我国现代农业的跨越式发展。

References

- [1] QIN Yi-fan(秦一帆). *China Instrumentation*(中国仪器仪表), 2013, 12: 34.
- [2] AN Yan, SUN Qiang, PIAO Ren-guan, et al(安岩, 孙强, 朴仁官, 等). *Laser & Optoelectronics Progress*(激光与光电子学进展), 2012, 49(3): 147.
- [3] Da Silva C E, Vandenabeele P, Edwards H G M, et al. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2008, 392(7-8): 1489.
- [4] Malekfar R, Nikbakht A M, S Abbasian, et al. *Acta Physica Polonica A*, 2010, 117(6): 971.
- [5] YAO Lin-tao, LIU Mu-hua, WANG Ying-long(药林桃, 刘木华, 王映龙). *Transactions of the CSAE*(农业工程学报), 2008, 24(11): 233.
- [6] WANG Xiao, LIU Han-ping, ZENG Chang-chun. *Spectroscopy and Spectral Analysis*, 2013, 33(6): 1570.
- [7] Muik B, Lendl B, Molina-Diaz A, et al. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2004, 52(20): 6055.
- [8] Trebolazabala J, Maguregui M, Morillas H, et al. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 2013, 105(15): 391.
- [9] Shende C, Gift A, Inscore F, et al. *Proceedings of SPIE*, 2004, 5271: 28.
- [10] LI Yong-yu, PENG Yan-kun, SUN Yun-yun, et al(李永玉, 彭彦昆, 孙云云, 等). *Journal of Food Safety and Quality*(食品安全质量检测学报), 2012, 3(6): 672.
- [11] ZHANG Ping, ZHENG Da-wei, LIU Jing, et al(张萍, 郑大威, 刘晶, 等). *Spectroscopy and Spectral Analysis*(光谱学与光谱分析), 2012, 32(5): 1266.
- [12] Beattie J R, Bell S E J, Borggaard C, et al. *Lipids*, 2007, 42: 679.
- [13] Boyaci H I, Uysal R S, Temiz T, et al. *European Food Research and Technology*, 2014, 238(5): 845.
- [14] SUN Wei-qing, ZHOU Guang-hong, XU Xing-lian, et al(孙卫青, 周光宏, 徐幸莲, 等). *Scientia Agricultura Sinica*(中国农业科学), 2010, 43(9): 1912.
- [15] DI Ling, HE Lin(狄伶, 何琳). *Research and Exploration in Laboratory*(实验室研究与探索), 2012, 31(10): 296.
- [16] CAO Jin-xuan, ZHANG Yu-lin, HAN Min-yi, et al(曹锦轩, 张玉林, 韩敏义, 等). *Scientia Agricultura Sinica*(中国农业科学), 2013, 46(18): 3871.
- [17] ZHENG Xiao-chun, PENG Yan-kun, LI Yong-yu, et al(郑晓春, 彭彦昆, 李永玉, 等). *Journal of Food Safety and Quality*(食品安全质量检测学报), 2014, 5(3): 665.
- [18] Okazaki S, Hiramatsu M, Gonnori K, et al. *Forensic Toxicology*, 2009, 27(2): 94.
- [19] Yazgan N N, Boyaci H I, Topcu A, et al. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2012, 403(7): 2009.
- [20] Radzol A R M, Khuan Y L, Mansor W. *The 15th International Conference on Biomedical Engineering*, 2014, 43: 896.
- [21] LIU Feng, ZOU Ming-qiang, ZHANG Xiao-fang, et al(刘峰, 邹明强, 张孝芳, 等). *Chinese Journal of Analytical Chemistry*(分析化学), 2011, 39(10): 1531.
- [22] TANG Jun-qi, TIAN Chao, ZENG Chong-yi, et al(汤俊琪, 田超, 曾崇毅, 等). *Spectroscopy and Spectral Analysis*(光谱学与光谱分析), 2013, 33(3): 709.
- [23] Toole G A, Barron C, Gall G L, et al. *Planta*, 2009, 229(3): 667.
- [24] Wonga H W, Choi S M, Phillips D L, et al. *Food Chemistry*, 2009, 113(2): 363.
- [25] Mariana R A, Rafael S A, Laura BLRN, et al. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2010, 397(7): 2693.
- [26] Tang H, Fang D, Li Q, et al. *Journal of Food Science*, 2012, 77(5): T105.
- [27] Labanowska M, Wesetucha-Birczyńska A, Kurdziel M, et al. *Carbohydrate Polymers*, 2013, 91(1): 339.
- [28] HUANG Xiao-yi, LI Xiao-xi, LIN Jing-yun, et al(黄晓仪, 李晓玺, 林静韵, 等). *Modern Food Science and Technology*(现代食品科技), 2011, 27(12): 1428.
- [29] LIU Bing, YU Fan-ju, SUN Qiang, et al(刘兵, 于凡菊, 孙强, 等). *Chinese Journal of Lasers*(中国激光), 2014, 41(1): 213.

Application of Raman Spectroscopy Technique to Agricultural Products Quality and Safety Determination

LIU Yan-de, JIN Tan-tan

Institute of Optics-Mechanics-Electronics Technology and Application, East China Jiao Tong University, Nanchang 330013, China

Abstract The quality and safety of agricultural products and people health are inseparable. Using the conventional chemical

methods which have so many defects, such as sample pretreatment, complicated operation process and destroying the samples. Raman spectroscopy as a powerful tool of analysing and testing molecular structure, can implement samples quickly without damage, qualitative and quantitative detection analysis. With the continuous improvement and the scope of the application of Raman spectroscopy technology gradually widen, Raman spectroscopy technique plays an important role in agricultural products quality and safety determination, and has wide application prospects. There have been a lot of related research reports based on Raman spectroscopy detection on agricultural product quality safety at present. For the understanding of the principle of detection and the current development situation of Raman spectroscopy, as well as tracking the latest research progress both at home and abroad, the basic principles and the development of Raman spectroscopy as well as the detection device were introduced briefly. The latest research progress of quality and safety determination in fruits and vegetables, livestock and grain by Raman spectroscopy technique were reviewed deeply. Its technical problems for agricultural products quality and safety determination were pointed out. In addition, the text also briefly introduces some information of Raman spectrometer and the application for patent of the portable Raman spectrometer, prospects the future research and application.

Keywords Raman spectroscopy; Fruits and vegetables; Livestock; Grain

(Received May 18, 2014; accepted Oct. 5, 2014)

2015 年第 17 届国际近红外光谱大会

We are pleased to invite you to attend the 17th International Conference on Near Infrared Spectroscopy, NIR 2015, the most important international event in this area.

NIR 2015 is organized under the auspicious of the International Council for Near Infrared Spectroscopy (ICNIRS), and will be held in the Mabu Resort Hotel, Foz do Iguassu, Brazil, from 18th to 23rd October, 2015.

<http://nir2015.com.br/>

The theme of the conference, Highlighting South America, emphasizes the fact the event is being organized for the first time in Brazil and South America. With the participation of the principal researchers in the field, the event will represent a week for interchange of knowledge and experiences. There will be the opportunity for professionals and students to present their contributions to the field, and be in close contact with international experts. The organizing committee believes, considering the present scenario in Brazil and in other countries of South America, the event will represent a true breakthrough in the way NIR spectroscopy is approached by South Americans.

The venue of the event, Foz do Iguassu, is the location of one of the seven wonders of nature, the Iguassu Falls. The town is located in the triple border of Brazil, Paraguay and Argentina. Because it is the second most visited place in Brazil by most foreign visitors, there are regular daily flights connecting the main Brazilian entrance airports to Foz do Iguassu, for those coming from abroad.

We are looking forward to meeting you in Foz do Iguassu for an unforgettable and profitable scientific and social meeting of the Near Infrared community. The Organizing Committee for NIR 2015

IMPORTANT DATES

December 01, 2014, Starting Registration

April 27, 2015, Abstract submission- deadline

July 31, 2015, Early registration

<http://nir2015.com.br/>

欲知详情, 请与中国农业大学韩东海教授联系

Tel: 010-62737503 (O), 010-62738586 (L) NIR 2015 is held under the auspices of the International Council for Near Infrared Spectroscopy