

果品无损检测技术的研究现状

周新仁 丁继高

(农八师 143 团机关, 石河子, 832000)

摘要 无损检测是近年来发展起来的高科技技术之一,在工业和农业的应用方面得到了广泛的研究。文中综述了目前无损检测技术在国内外果蔬产品品质检验中的应用现状,并指出了果品品质无损检测技术的发展方向。

关键词 无损检测, 果品, 品质检验

随着生活水平的提高,人们在满足果品和蔬菜数量需求的同时,对质量也提出了更高的要求。人们不仅要求果蔬大小相同,而且要求品质一致。为了对大量生产的果蔬进行自动分级和品质鉴定,国内外有许多学者长期从事这一领域的研究。果蔬品质的检测方法大致可分为近红外分析法、声学特性分析法、X 射线分析法、计算机图像检测法、电、磁特性分析法、可见光成熟度分析法以及激光分析法等。其中,无损检测应用更加广泛,是近几年发展的高新技术之一。无损检测又称非破坏检测,即在不破坏样品的情况下对其进行内部品质评价(包括糖度、酸度、硬度、内部病变等)的方法。该方法检测速度较传统的化学方法迅速,又能有效地判断出从外观无法得出的样品内部品质信息。由于消费者在选购水果时极为看重其内部品质如口感、糖度和酸度,因此研究基于水果光学特性的内部品质无损检测与分级技术,并将研究成果应用到水果产后处理生产线上具有广阔的市场应用前景。本文分析了水果的光特性、电特性、声学特性检测原理及方法,并综述了国内外的最新研究进展。

1 无损检测技术的应用

1.1 果品光特性无损检测的原理分析

由于水果的内部成分和外部特性不同,在不同波长光线照射下会有不同的吸收或反射特性,也就是说,水果的分光反射率或吸收率在某

一特定波长内会比其他部分大,根据这一特性结合光学检测装置能够实现水果品质的无损检测^[1]。考虑到水果品种的多样性和形状的特殊性,用于水果内部品质光特性检测的系统主要由光源系统,入射出射光纤组件,光电检测转换器和信号放大转换系统,显示输出等硬件系统和用于光谱采集和数据处理的软件系统组成。

光学检测技术在果蔬外观如表面缺陷,色泽和内部成分如可溶性固形物、糖分、坚实度、酸度、干物质含量等方面具有快速、无损的优点。目前用于水果内部品质的光学检测主要有3种方法:规则反射光法、漫反射光法和透射光法。反射光谱法检测是指将检测器和光源置于样品的同一侧,检测器所检测的是样品以各种方式反射回来的光。物体对光的反射又分为规则反射(镜面反射)与漫反射。规则反射指光在物体表面按入射角等于反射角的反射定律发生的反射,所采用的光纤布置位置,其优点是光谱信息最易实现且反射率较高,能够用于水果生产检测分级线上;缺点是测量用的校正模型易受水果表面特性影响而变化,依水果类型不同需要调整。

漫反射是光投射到物体后,在物体表面或内部发生方向不确定的反射。其特点是由于接受的光谱信息全部反映水果内部组织的特性,因此大多数国内外研究者均采用这种方式进行基础研究。但由于在测量过程中需要将光源与

第一作者:学士,副教授。

收稿时间:2004-08-02,改回时间:2004-09-10

探测器隔离,所以在高速的水果生产分级线上较难实现。

透射光谱是指将待测样品置于光源与检测器之间,检测器所检测的光是透射光或与样品分子相互作用后的光(承载了样品结构与组成信息)。其特点是不受水果表面特性的影响,接受的光谱信息反映了水果内部组织的信息。但光透射水果的数量少,且需要较高能量的光源,较难适应水果生产分级线的需要。

从以上3种测量技术来看,3种测量各有自己的特点和适用性。通过分析研究国内外学者的研究成果,发现水果品质分析最常用的是漫反射光谱技术。

1.2 果品的电特性无损检测的原理分析

水果属于电介质,电介质中电子受原子核强烈束缚,不能自由移动,电介质的特征是以正、负电荷重心不重合的电极化方式传递、存贮或记录电的作用和影响,其中起主要作用的是束缚电荷^[2]。水果的组织 and 细胞采后仍保持旺盛的代谢过程,如呼吸作用、有机物转化等。果实的水分变化可以通过电特性明显反映^[3]。从微观上看,水果分子内部存在电场,且在分子线度范围内改变位置,场强的变化非常剧烈,这种微观特性实质上决定着水果的生理、物理和化学特征,但这种微观场用现有电生理技术无法测量。因此,从可观测角度考虑,只能研究一定体积内微观场的空间平均值,即转而研究水果的宏观电特性。与一般电介质类似,可以将水果的宏观电特性用复阻抗 Z (或复导纳 Y)及复介电常数 ϵ 表示。这里复阻抗(或复导纳 Y)是水果的物体常数,与水果的个体尺寸相关,复介电常数是水果内部物质特性的反映,与水果个体尺寸无关^[4]。

水果电特性参数的测定方法有接触和非接触等方法,将被测水果直接放入平板电极间测定其电特性参数,依据水果与极板接触与否,可分为接触法和非接触法,都属于无损检测。水果电特性参数无损检测的电路原理^[5],是将正弦波发生器输出的驱动电流 I 流过由标准电阻 R_b 和被检测水果作为介质的电容器构成的串

联电路,通过二个具有相同增益 K 的差分放大器的输出电压 E_1 和 E_2 ,经过简单的代数运算,就可以得到被测水果的电特性参数。

设计合适的介电参数检测电路^[6],可以对水果的宏观电特性参数进行检测,试验表明,介电参数的检测结果基本可以正确反映水果的实际品质情况,因此基于电特性无损检测方法实现水果品质的在线自动化评价是完全可行的。

1.3 果品声学特性无损检测的原理分析

果品的声学特性是指果品在声波作用下的反射特性、散射特性、透射特性和吸收特性、衰减系数和传播速度及其本身的声阻抗与固有频率等,它们反映了声波与果品相互作用的基本规律^[7]。果品声学特性的检测装置通常由声波发生器、声波传感器、电荷放大器、动态信号分析仪、微型计算机、绘图仪或打印机等组成。检测时,由声波发生器发出的声波连续射向被测物料,从物料透过、反射或散射的声波信号,由声波传感器接收,经放大后送到动态信号分析仪和计算机以进行分析,即可求出果品的有关声学特性,并在绘图仪或打印机上输出结果。果品的声学特性随农产品内部组织的变化而变化,不同果品的声学特性不同,同一种类而品质不同的果品其声学特性往往也存在差异,故根据果品的声学特性即可判断其品质,并据此进行分级^[8,9]。

2 国内外的研究进展

Dull 和 Birth(1989)等用近红外 884nm 和 913nm 2 个波长反射光谱法测定了成熟罗马甜瓜中蔗糖与可溶性固形物的含量。试验结果得出了近红外光谱与可溶性固形物含量的相关系数:样品薄片为 0.97,但完整果仅为 0.60,笔者认为测定值的差异主要是果皮强吸收的原因。1992 年,他们又对自己的研究进行了改正,并对哈密瓜进行了完整果光谱反射测试,得出近红外光谱与可溶性固形含量的相关系数达到 0.87;Slaughter(1995)在 400~1 000nm 波长范围内利用光纤探头接收部分透射光来预测成熟和未成熟的油桃和桃内部可溶性固形物含量

($R^2 = 0.92$)、糖度($R^2 = 0.87$)、叶绿素 A 含量($R^2 = 0.97$)和山梨醇含量($R^2 = 0.88$)。但由于没有考虑油桃和桃的硬度指标,存在光谱范围窄,检测速度慢和稳定性差等问题;Upchurch 等(1997)在 450~1 050 nm 光谱范围内利用苹果漫反射特性判别苹果内部是否有褐变,试验结果只有 6.3% 的完好苹果被误判为有缺陷,而把有缺陷的苹果判为好苹果的比例却高达 12%,同样存在检测灵敏低,系统稳定性差等问题;Lammertyn Jeroen, Peirs 等人(2000)在 880~1 650 nm 范围内利用光纤交叉组合探头对 Jonadold 苹果可溶性固形物含量进行了近红外光谱反射特性的试验研究,通过 PLS 分析得出两者的相关系数在 79%~91% 之间,另外他们还还对反射光透射到苹果内部的深度进行了研究,得出光透射到苹果内部的深度在 700~900 nm 范围内为 4 mm,在 900~1900 nm 范围内为 2~3 mm,但结论仅对 Jonadold 一种品种有效且缺少试验验证过程;Lu 等人(2001)研究了 800~1 700 nm 范围内樱桃的坚实度和糖分含量的漫反射光谱特性,试验结果表明,试验是可行的,坚实度和糖分含量与反射光谱的相关系数分别为 0.65 和 0.97,但没有进行 800 nm 以下和 1 700 nm 以上波长的分析研究,且测试的精度不高;Manuela 等人(2002)在 300~1 100 nm 波长范围通过对 4 个品种的苹果叶绿素含量的透射光谱分析,采用多元线性回归分析建立了苹果叶绿素含量与透射光谱的数学模型,其相关系数分别为 $R^2 = 0.88$ (Elstar), 0.98 (Jonagold), 0.90 (Idared) 和 0.87 (Goldendelicious);Lu 等(2002)^[10]利用近红外光谱(700~1 700 nm)来检测 Empire 和 Delicious 苹果的硬度和糖含量,光源采用 250W 的石英钨丝卤素灯,且分别在 3.5 mm 和 5.5 mm 采用 2 根光纤接受光谱信息,通过对光谱数据的处理分析,并与破坏性分析相结合,建立了预测苹果内部品质的数学模型,但由于检测器不适合用于水果检测,导致检测精度不高,光谱信息提取困难。

从以上国外最新研究报道来看,利用水果的光学特性来对水果内部品质无损检测和最终

实现水果按等级分级是一种具有广泛应用前景的新技术^[11]。但还是存在一些问题,如水果的测试部位选取、光学测量方式的优劣评判、检测精度、检测速度和实时性等需作进一步研究。相对国外的研究而言,国内对水果糖度、酸度和硬度等重要内部品质指标的无损光学特性检测尚未见有详细而系列的报道。陈世铭,张文宏等人(1998)利用 1 000~2 500 nm 近红外光谱对水蜜桃和洋西瓜等果汁的糖度检测进行了研究,分析了多元线性回归、偏最小二乘法和神经网络 3 种校正模式对不同光谱处理的近红外线光谱检测果汁糖度的影响,何东健^[9]介绍了反射、半透射和透射 3 种测试装置的优缺点,并以柑橘和苹果为检测对象,采用透射光方法对 2 种水果的糖度、酸度和内部褐变进行实验验证,结果表明,在线检测水果糖度值与实测值的相关系数在 0.95 以上,酸度相关系数大于 0.85,且基本上能检测内部缺陷,但试验的样品数量不多。

3 未来研究方向

目前在水果内部品质方面的研究国内尚处于起步阶段,研究对象也很不全面,有待探索的问题还很多。

(1) 进一步研究水果的不同光学、声学及电学等特性在内部品质检测中的可行性和应用潜力,突破目前水果内部成分分析时的破坏性,以及费时、费力、实时性差等问题。

(2) 在借鉴和使用文献报道的“最佳方案”或“最佳条件”时,一定要认真考查“最佳”效应的前提条件,包括水果的内部和外部环境条件。

(3) 水果测试部位的选取、光学测量方式的优劣评判、检测精度、检测速度和实时性等需要进一步研究。

(4) 建立用于水果光谱分析的校正模型与开发用于水果品质检测与分级的软件系统,是光学特性无损检测技术能否用于水果内部品质检测与分级的重要前提。

参 考 文 献

1 应义斌,刘燕德. 水果内部品质光特性无损检测研

- 究及应用[J]. 浙江大学学报, 2003, 29(2):125~129
- 2 胥芳,张立彬,计时鸣等.基于介电特性的水果品质无损检测方法研究[J]. 浙江工业大学学报, 2001, 29(3):230~235
 - 3 胥芳,张立彬,周国君等.无损检测桃子电特性的试验研究[J]. 农业工程学报,1997, 13(1):202~205
 - 4 张立彬,胥芳,周国君等.苹果介电特性与新鲜度的关系研究[J]. 农业工程学报,1996,12(3):186~190
 - 5 柯大观.水果的电特性无损检测系统研究[D]. 杭州:浙江工业大学,1998
 - 6 宋金亚,张立彬,计时鸣等.试验研究利用介电特性的水果品质无损检测[J]. 无损检测, 2003, 25(8):420~422
 - 7 应义斌,蔡东平,何卫国等.农产品声学特性及其在品质无损检测中的应用[J]. Transactions of the CSAE, 1997, 9:208~213
 - 8 刘燕德,曾一凡.无损检测技术在农产品品质检验中的应用[J]. 江西农业大学学报(自然科学版), 2002, 24(3):412~414
 - 9 何东健.水果品质无损测定新技术及设备[J]. 农牧与食品机械,1992,(5):41~52;(6):32~41
 - 10 Lu R, Ariana D. A Near-infrared sensing technique for measuring internal quality of apple fruit[J]. Trans of the ASAE, 2002, 18(5): 585~590
 - 11 Schaare P N, Fraser D G. Comparison of reflectance interactance and transmission modes of visible- near infrared spectroscopy forme assuring internal properties of kiwi fruit[J]. Post harvest Biology and Technology, 2000, 20:175~184

Development of Nondestructive Inspection in Fruit Quality Assessment

Zhou Xinren Ding Jigao

(Department of 143 crops, No. eight division, Shihezi, 832000)

ABSTRACT Nondestructive inspection is one of the latest high technology that has been widely used in many fields of industry and agriculture. This paper described the application of nondestructive inspection in fruits and vegetables and discussed the future development of this technology.

Key Words nondestructive inspection, fruit, quality assessment

信息
窗

臭氧技术可提高食品安全延长保质期

BOC集团 Intervent 新食品安全技术分部,世界著名的工业气体真空技术和分销服务公司已经成功利用自有的臭氧技术提高食品安全,延长海洋水产公司加工的鱼类产品的保质期。Intravent 已经在 Robert J. Preble & Sons 公司的鱼类包装设备上安装了臭氧表层排污装置。

臭氧是最强的氧化剂之一,同有机和无机物质都能发生反应。臭氧和其他氧化剂如氯等相比是一种环保的替代品,它不会产生有害的副产品,也不会留下强烈的残留气味。Preble 公司曾经利用臭氧清洗整个设备,通过喷洒工具进行喷洒,保证特定加工环节如切割、去皮、包装和排渣过程的持久安全。

稿约声明

本刊已入编“中国学术期刊网”(光盘版)、“万方数据——数字化期刊群”、重庆维普咨询公司“中国科技期刊数据库”和(台湾)华艺数位艺术股份有限公司“中文电子期刊服务”。其作者文章著作权使用费与本刊稿费一次性付清。凡不同意入编的稿件,请作者在投稿时声明。