

水果品质电特性检测技术应用研究进展

张晓荣¹, 杨鹏¹, 马海军^{2*}

(1. 西北农林科技大学测试中心, 陕西杨凌 712100; 2. 北方民族大学宁夏葡萄与葡萄酒技术创新中心, 宁夏银川 750021)

摘要 电特性检测技术作为一种果品无损检测技术, 正引起越来越多学者的关注。从果蔬介电特性影响因子和介电特性与水果品质检测 2 个方面对其研究现状进行了阐述, 并对该技术的未来应用提出了一些建议。

关键词 水果; 电特性; 无损检测

中图分类号 S609.9 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2014)23-08002-02

Research Advance on Application of Dielectric Properties Analytical Technology of Fruit Quality

ZHANG Xiao-rong, MA Hai-jun et al (Testing Center of Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100; Ningxia Technological Innovation Center of Grape and Wine, Beifang University of Nationalities, Yinchuan, Ningxia 750021)

Abstract Dielectric properties analytical technology has become the focus of researches as a fruit non-destructive detection technology. The research advances in dielectric properties analytical technology of fruit was reviewed from impact factor and quality detection. Several suggestions for future application were put forward.

Key words Fruit; Dielectric property; Non-destructive detection

无损检测技术(NDT)作为一门新兴的综合性应用学科, 是指不损坏被检测对象情况下, 运用热、声、光、电、磁等物理学手段来检测对象性质和数量的变化。根据原理不同, 可分为光学分析法、声学分析法、机器视觉检测法、电学分析法、电磁与射线检测技术五大类^[1]。

电特性检测技术是利用样品在电场中电特性参数的变换来反映样品的性质。水果作为生物体由生物组织构成, 从微观结构角度观察, 其内部存在大量带电粒子形成生物电场, 水果在生长、成熟、受损及腐败变质过程中的生物化学反应将伴随物质和能量的转换, 导致生物组织内各类化学物质所带电荷量及电荷的空间分布的变化, 生物电场的分布和强度, 从宏观上影响水果的电特性。因此, 水果的内部品质可以通过对水果电特性的无损检测加以判别。

1 水果介电特性影响因子研究进展

利用农产品的介电特性进行快速检测其品质的研究已经历了较长时间的发展, 而介电特性在果品的研究上, 主要集中在果蔬介电特性影响因子和介电特性与水果品质检测 2 个方面。在果蔬介电特性影响因子研究方面, Nelson 等通过对苹果、香蕉和黄瓜等果蔬进行研究后指出, 果蔬的介电特性与频率和成熟度有很大关系^[2-3]。Ikediala 等在苹果上^[4]、袁子惠等在芒果上^[5](RH = 80%)也得出了相似的结论。此外, Funebo 等研究表明, 苹果等果品和蔬菜的介电常数和介质损耗因子受温度和湿度等因素的影响($f = 2.8$ GHz)^[6]。Martín 等则指出, 果实中水分的活力值对果实的介电参数也有影响^[7]。

2 水果介电特性与品质检测方面研究进展

在介电特性与水果品质检测方面, 学者们也进行了探

索。郭文川等在研究了测试信号的频率和电压对成熟期苹果电参数的影响后指出, 电参数可以反映苹果内部物质成分的变化^[8-9]。张立彬等研究也得出用相对介电常数判断水果内部品质可行的结论^[10]。胥芳等提出了基于电特性参数无损检测的水果品质自动分选系统分类阈值的确定方法^[11]。在具体水果的检测方面, Sosa 等研究后指出, 介电参数可以被用来选择芒果的最适软化期^[12]。Castro 等引入了介电成熟指数来评价苹果的成熟度($T = 30^{\circ}\text{C}$, $f = 500$ MHz ~ 20 GHz)^[13]。Soltani 等指出, 可以用介电参数判别香蕉成熟状态^[14]。在电参数与果实品质相关性研究上, 李英等指出, 桃子的电特性与其含糖量和酸度之间的关系显著($f = 100$ Hz)^[15]。王颖等研究指出, 在热风干燥过程中苹果及苹果与空气混合物的介电常数与干燥特性指标均显著相关, 且混合物介电常数与干燥特性指标相关性更好^[16]。刘亚平等研究指出, 在较佳测试频率 0.1 kHz 下, 葡萄果实的电抗 X 与硬度、弹性、黏着性呈现显著相关性($P < 0.05$), 同时与咀嚼性达到较高相关性^[17]。

近年来, 在水果电学特性的研究方面, 已由早先的对果实的研究深入到对果汁和干果的研究层次。Zhu 等检测了 20 ~ 4 500 MHz, 15 ~ 95 °C 下苹果汁、梨汁、葡萄汁、橙汁和菠萝汁的介电常数和损耗因子, 指出上述果汁的介电常数随频率的增加而降低, 损耗因子则呈波形变化规律^[18]。Alfaif 等研究了 10 ~ 1 800 MHz, 20 ~ 60 °C 下葡萄干、无花果、杏仁、海枣和西梅干的介电常数和损耗因子, 指出被虫害侵染的干果其电参数比正常果要高^[19]。Gao 等则指出运用电学参数检测杏仁质量的可行性^[20]。笔者项目组应用 HIOKI3532-50 型 LCR 测量仪先后对番茄、火柿、“嘎拉”苹果和红巴梨等水果的电学特性开展了大量的研究。项目申请者前期的研究结果表明, $\tan\delta$ 和 ϵ' 基本可以反映红点病苹果和正常果实的实际品质, 而电容可以反映虎皮病苹果和正常果实的实际品质^[21-22]。从国内外关于果实电特性的研究中可以得出, 果实的电学特性除受到外界环境中的温度和湿度的影响外, 还

基金项目 宁夏自然科学基金重点项目(NZ12114); 2011 年度宁夏高校科学研究项目; 2012 年度国家民委重点实验室项目。

作者简介 张晓荣(1976-), 女, 陕西富平人, 讲师, 在读博士, 从事农产品质量安全检测研究。* 通讯作者, 副教授, 博士, 从事植物衰老和采后生理及果品无损检测研究。

收稿日期 2014-07-03

与测定频率、果实的成熟度及其含水量有很大的关系,而且它与果实的某些品质指标间确实存在着一定的关联。

3 展望

随着计算机技术、数据处理技术及自动化控制技术的发展,必将带动无损检测技术由半自动化向自动化转化、外部品质向内部品质转化、规格由文字化向数字化转化、单项目检测向综合全方位检测转化,设备结构则由复杂化向便携化、数字化、智能化方向迈进。在果品电特性检测方面,今后应结合不同果品的生理生化特性,采用电学理论、热学理论及力学理论进行综合研究,力争能寻找到不同果品电特性的共性,建立果品电特性信息数据库,为果品电加工及品质控制提供依据;另外,应将电特性检测技术引入到果品间的抗盐、抗旱、抗病和抗虫等抗性生理方面,并在此基础上建立一套植物电特性的抗性评判体系,这也将成为植物抗性研究的一个重要方向^[23]。第三,在果品的品种和种群之间开展电特性差异研究,从而建立高精度识别模型,为今后果品品种之间的电特性辨识提供理论依据。总之,电特性检测技术因其快速、灵敏,所需设备相对简单且成本较低,数据的获取和处理也比较容易,因此,其应用前景非常广阔。其在果品品质检测方面的应用对提高我国果品的品质,增强其参与国际竞争的能力,降低工人的劳动强度,具有重要的理论意义和实际意义,并能创造较大的经济效益和社会效益。

参考文献

- [1] 潘立刚,张缙,陆安祥,等.农产品质量无损检测技术研究进展与应用[J].农业工程学报,2008,24(S2):325-330.
- [2] NELSON S O. Frequency and temperature-dependent permittivities of fresh fruits and vegetables from 0.01 to 1.8 GHz[J]. Transactions of the ASAE, 2003,46(2):567-574.
- [3] NELSON S O. Dielectric spectroscopy of fresh fruit and vegetable tissues from 10 to 1 800 MHz[J]. Journal of Microwave Power & Electromagnetic Energy,2005,40(1):31-47.
- [4] IKEDIALA J N,TANG J,DRAKE S R,et al. Dielectric properties of apple cultivars and codling moth larvae[J]. Transactions of the ASAE,2000,43(5):1175-1184.
- [5] 袁子惠,廖宇兰. 存储时间与频率对芒果介电特性影响的研究[J]. 热带农业工程,2010,34(5):1-4.
- [6] FUNEBO T,OHLSSON T. Dielectric properties of fruits and vegetables as a

- function of temperature and moisture content[J]. Journal of Microwave Power and Electro Magnetic Energy,1999,34(1):42-54.
- [7] MARTÍN-ESPARZA M E,MARTÍNEZ-NAVARRETE N,CHIRALT A, et al. Dielectric behavior of apple (var. *Granny Smith*) at different moisture contents effect of vacuum impregnation[J]. Journal of Food Engineering, 2006,77:51-56.
- [8] 郭文川,朱新华,邹养军. 苹果果实成熟期间电特性的研究[J]. 农业工程学报,2007,23(11):264-268.
- [9] GUO W C,NELSON S O,TRABELSI S,et al. 10~1800 MHz dielectric properties of fresh apples during storage[J]. Journal of Food Engineering, 2007,83:562-569.
- [10] 张立彬,胥芳,贾灿纯,等. 苹果内部品质的电特性无损检测研究[J]. 农业工程学报,2000,16(3):104-106.
- [11] 胥芳,计时鸣,张立彬,等. 水果电特性的无损检测在水果分选中的应用[J]. 农业机械学报,2002,33(2):53-56.
- [12] SOSA M M E,TIWARI G,WANG S,et al. Dielectric heating as a potential post-harvest treatment of disinfecting mangoes, Part I: Relation between dielectric properties and ripening [J]. Biosystems Engineering, 2009,103:297-303.
- [13] CASTRO G M,FITO P J,CHENOLL C,et al. Development of a dielectric spectroscopy technique for the determination of apple (*Granny Smith*) maturity[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies,2010, 11:749-754.
- [14] SOLTANI M,ALIMARDANI R,OMID M. Evaluating banana ripening status from measuring dielectric properties[J]. Journal of Food Engineering, 2011,105:625-631.
- [15] 李英,宋景玲,韩秋燕. 桃子电特性与内部品质指标关系的研究[J]. 农机化研究,2007(8):123-124.
- [16] 王颖,郭玉明. 苹果介电常数与干燥特性相关性研究[J]. 农业机械学报,2010,41(S1):182-185.
- [17] 刘亚平,刘兴华,李红波. 葡萄冷藏中电学参数与质地特性变化规律[J]. 农业工程学报,2011,27(10):343-348.
- [18] ZHU X H,GUO W CH,WU X L. Frequency-and temperature-dependent dielectric properties of fruit juices associated with pasteurization by dielectric heating[J]. Journal of Food Engineering,2012,109:258-266.
- [19] ALFAIFI B,WANG S J,TANG J M,et al. Radio frequency disinfestation treatments for dried fruit: Dielectric properties [J]. LWT-Food Science and Technology,2013,50:746-754.
- [20] GAO M,TANG J,JOHNSON J A,et al. Dielectric properties of ground almond shells in the development of radio frequency and microwave pasteurization[J]. Journal of Food Engineering,2012,112:282-287.
- [21] 马海军,宋长冰,张继澎,等. 电激励信号频率对红点病病果采后电学特性的影响[J]. 农业机械学报,2009,40(10):97-101.
- [22] 马海军,冯美,张继澎. 100Hz-3.98 MHz 下苹果虎皮病果实电特性研究[J]. 农业机械学报,2010,41(11):105-109.
- [23] 杨升,张华新,张丽. 植物耐盐生理生化指标及耐盐植物筛选综述[J]. 西北林学院学报,2010,25(3):59-65.

(上接第 8001 页)

- [3] 张勤,陈卫军. 灵武市长枣产业现状与对策[J]. 宁夏林业通讯,2008(4):25-27.
- [4] 杨雯. 红枣粉加工工艺及稳定性研究[D]. 西安:陕西科技大学,2012.
- [5] 天津科技大学干酪科学与工程学院. 再制干酪的配料与加工[J]. 乳品加工,2012(12):138-147.
- [6] 陈苓,刘会平. 天然干酪对再制干酪理化性质的影响[J]. 中国乳品工业,2012(11):33-35.

- [7] 李德海,孙常雁,孙莉婕,等. 松仁干酪生产工艺及其感官评定研究[J]. 食品科学,2009(2):50-53.
- [8] 徐海洋,施帅. 魔芋再制干酪的研制[J]. 农产品加工,2011(7):102-104.
- [9] 杨永龙,张杰,宗学醒,等. 核桃再制干酪生产工艺研究[J]. 食品科技,2010,35(12):64-67.
- [10] 陈苓,刘会平. 不同乳盐对 Mozzarella 再制干酪结构的影响[J]. 食品科学,2013(15):104-108.