

质构仪在果蔬品质评定中应用的研究进展

罗斌, 赵有斌*, 尹学清, 赵东林, 杜志龙, 何江涛
(中国农业机械化科学研究院, 北京 100083)

摘要: 质构是衡量果蔬产品品质的重要指标, 果蔬在采后加工、运输、贮藏和销售等环节中其品质不可避免会受到不利因素的影响。运用质构仪可以较为客观准确的反映果蔬产品的质地特性, 为果蔬品质评价提供一种快速便捷的研究方式。简述质构仪的构造及工作原理, 对果蔬质构检测中常用的质构剖面分析和穿刺模式进行综述, 并详细阐述其研究内容和应用现状, 最后分析质构仪应用于果蔬质构检测中可能出现的问题, 并对果蔬品质检测的研究方法做出展望。

关键词: 质构; 果蔬; 质构剖面分析; 穿刺

Application Progress of Texture Analyzer in the Research of Fruit and Vegetable Quality Evaluation

LUO Bin, ZHAO You-bin*, YIN Xue-qing, ZHAO Dong-lin, DU Zhi-long, HE Jiang-tao
(Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences, Beijing 100083, China)

Abstract: Texture is an important indicator to measure the quality of fruits and vegetables. The quality of fruits and vegetables in post-harvest processing, transportation, storage and sales are inevitably affected by adverse factors. Texture analyzer can objectively and accurately reflect the texture characteristics of fruits and vegetables, which provide a quick and convenient way for the quality evaluation of fruits and vegetables. The paper briefly described the structure and working principle of texture analyzer, summarizes the texture profile analysis and puncture patterns commonly used in the detection of fruit and vegetable textures, and elaborates the content of research and application status. Finally, the possible problems were analyzed in the application of texture analyzer to the detection of fruit and vegetable texture, and the research methods were prospected for detecting fruit and vegetables quality.

Key words: texture; fruits and vegetables; texture profile analysis; puncture

引文格式:

罗斌, 赵有斌, 尹学清, 等. 质构仪在果蔬品质评定中应用的研究进展[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(5): 209-213

LUO Bin, ZHAO Youbin, YIN Xueqing, et al. Application Progress of Texture Analyzer in the Research of Fruit and Vegetable Quality Evaluation[J]. Food Research and Development, 2019, 40(5): 209-213

果蔬中含有人体所必需的维生素、矿物质、膳食纤维等营养成分, 是人们日常生活中摄入营养物质的重要来源。英国《自然》杂志指出: 果蔬具有很强的抗氧化剂活性和抗肿瘤活性, 能有效清除体内“氧自由基”, 延缓人体衰老、预防多种疾病的发生。但是新鲜果蔬

含水量较高, 呼吸作用较强, 采后容易腐烂变质, 不易贮藏, 并且在运输和加工的过程中, 果蔬很容易受到机械损伤, 进而导致其品质下降, 降低营养和商品价值。所以, 为了满足消费者对果蔬产品的消费要求, 加强果蔬加工贮藏中质构特性的检测就显得尤为重要^[1]。

在食品工业中, 质构贯穿于整个产业链过程^[2], 具有非常重要的地位。质构作为果蔬品质的关键指标之一, 是果蔬产品的一项重要属性, 而且与果蔬的新鲜程度和可食性密切相关, 从而会影响消费者的选择^[3-4]。果蔬的质构通常与果蔬的形状和大小以及一些力学

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFD0401300)

作者简介: 罗斌(1994—), 男(汉), 硕士研究生, 研究方向: 农产品加工及贮藏。

* 通信作者: 赵有斌(1966—), 男, 研究员, 博士生导师, 研究方向: 现代农产品加工技术与装备。

特性相关^[5]。人们最初采用感官评价的方式来判断果蔬的品质,但是这种方法会由于群体不同而存在一些主观因素上的差异^[6]。若采用质构仪进行试验,不仅可以得到丰富的特征参数,还可以将其与果蔬的硬度、脆性等力学特性关联起来,并在品质监控、采后加工处理和运输贮藏监测等多个环节得以应用^[7]。

1 质构仪简介

质构仪(texture analyzer)又称物性分析仪,是一种可以对食品品质做出客观评价的感官化测量仪器,可以将产品的物性特点做出准确的数据化表述^[8],具有客观性、易操作等优点,避免了感官评价方法可能出现的主观性误差,从而经常被用于食品质构检测,越来越受到研究工作者的青睐^[9]。

1.1 质构仪的构造

质构仪主要由主机、备用探头和附件等硬件设备以及专用软件组成,其基本结构由样品变形装置、样品承载设备和结果记录系统构成。主机上有一个可以上下滑动的机械臂,在机械臂末端与探头相连,根据不同的样品类型应选择合适的探头,并将样品放置于探头下的主机底座上,测得的数据通过主机传输至电脑。质构仪主要分析测试距离(distance)、时间(time)以及作用力(force)之间的关系,测定结果为食品质构特性在力学特性中的基本反映^[10]。

1.2 质构仪的工作原理

食品质构仪的测量方法是将仪器的物理性质与质构特性相关联,通过一定的分析评定方法来评价质构^[11]。在质构仪主机机械臂与探头之间连接力学传感器,进行试验时,机械臂根据设定的速度上下移动,其上的探头会在接触样品时受到一个作用力,此时力学传感器将其传输至计算机当中,通过专用软件转换为需要的数据和图形,从而反映出样品物体的受力情况^[12]。

2 质构仪在果蔬产品中的应用

质构仪在果蔬物性测试领域的应用主要是检测其成熟度、硬度、弹性、脆性、断裂强度、柔软性等等^[1],常见的测试方法有直接和模拟测试法。直接测试法是将探头按照给定的速度或压力下压得到相关数据,以此来体现果蔬的质构特性,可用模式包括:质构剖面分析(texture profile analysis, TPA)、剪切、压缩、穿刺试验等。模拟测试法是通过选择适合不同果蔬质构的探头来模拟果蔬的各种处理方式,可以判断果蔬的质构变化^[12]。资料显示,研究人员用质构仪对果蔬的质地进行研究时,大多选用 TPA 和穿刺的方法,应用领域包括在测试苹果、草莓、水蜜桃、枇杷、杨梅、芒果、桃、圣

女果、蓝莓、猕猴桃、辣椒、马铃薯、水果黄瓜、梨、西瓜、无花果、果桑、卷心菜等果蔬的质构及流变学特性。

2.1 TPA 方法在果蔬质构评价中的应用

质构剖面分析(TPA)通过对样品的两次机械压缩模拟牙齿咀嚼来得到相关的质地参数^[13]。潘秀娟等^[14]对苹果进行 TPA 试验,比较不同品种苹果采后果肉的质地变化,通过分析果肉黏着性、凝聚性以及弹性值等与质地参数的相关性,选取适合的 5 项参数来判断嘎拉和红富士苹果的质地差异,得出前者采后更容易变绵软的结论。曹雪慧等^[15]采用 TPA 试验对草莓的各项质构指标进行分析,比较新鲜草莓和经过不同温度冷冻处理草莓在硬度、黏弹性、胶着度以及咀嚼性方面的差异,得出结论:冷冻处理和提升冻结速度都会显著抑制草莓的变质。

用 TPA 方法不仅可以分析果蔬的品质,还可以根据果蔬采摘后质地的变化规律预测其贮藏期,为选取果蔬产品贮藏方法提供指导。姜松等^[16]用质构仪研究水蜜桃在贮藏期间的质地变化规律,通过 TPA 试验得到随贮藏时间延长在不同贮藏温度条件下果肉质地质参数的变化,结果发现贮藏温度对猕猴桃的品质有显著影响,各质构参数会随贮藏时间延长而呈下降趋势,且 8℃的贮藏温度较 0℃条件下各参数下降更快。宋肖琴^[17]用质构仪对 6 种枇杷果实采后质地变化进行研究,选取黏弹性、凝聚性、咀嚼性、出汁率等参数指标比较不同贮藏条件对枇杷果实质地的影响,结果表明先将枇杷在 5℃进行 6 d 的预贮,然后再转至 0℃下贮藏,可以显著降低枇杷果实的衰老速度。徐志斌等^[18]采用 TPA 方法研究杨梅果实采后果肉的品质变化规律,研究发现随贮藏时间延长果肉的硬度、咀嚼性、凝聚性、回复性会迅速下降,可以将以上 4 个质构参数作为杨梅果实品质变化的评价指标,研究者还提出一个失重率与贮藏时间的经验公式,为贮藏期间评价杨梅果实品质变化提供了一个简便方法。

不同的测试条件对 TPA 方法得到的结果也有很大的影响,对于不同种类的果蔬,应该选取相应的测试条件和方法。何全光等^[19]利用物性分析仪优化芒果果肉的 TPA 测试条件,研究测试速度、压缩率和测试方向对不同成熟度的芒果果肉质构特性测定结果的影响。研究表明,测试速率和测后速率选用 1 mm/s、压缩率选取 20%~30%、果皮面向探头,测试结果可以客观反映出芒果果肉的质构特征。李永红等^[20]用质构仪对鲜食桃进行 TPA 测试,分析压缩速度和压缩程度对桃果实的硬度、内聚性、弹性等质地参数的影响情况。结果表明,压缩速度为 1 mm/s,压缩程度为 20%的测试条件能够较好的表征鲜食桃果肉的质地特性。

为了给生产销售过程提供最佳品质的果蔬产品,还可以模拟果蔬加工、运输等中间过程,通过质构仪来测试其质构特性的变化。胡亚云等^[20]将 TPA 方法和感官评价法结合起来,模拟圣女果在超市货架期的状态,测定其在销售期间质构特性变化的指标,将货架期同品质变化规律相关联。该研究表明,货架期的前 4 d 圣女果硬度、咀嚼性、弹性及回复性等质构特性下降较慢,具有较好的食用价值;货架期的第 6 天开始,这些质构特性会急剧降低,不再具有食用价值,此结果可以为相关的生产、销售及消费人员提供指导性建议。刘萌等^[21]将新鲜蓝莓用 6 种方式包装并模拟物流的运输过程,物流结束后用 TPA 方法测定蓝莓的质构特性,同时对物流结束后蓝莓 6 d 货架期期间的质构变化进行研究。结果发现,选用预冷+自充气调保鲜袋+蓄冷剂包装的蓝莓在物流结束后可以呈现更好的质构特性,并且在货架期内也能保持较好的品质。吴旻丹等^[23]用质构仪 TPA 试验对 3 个品种的猕猴桃在常温储藏时的质构特性进行分析,并建立了模拟人工咀嚼猕猴桃果实的数学模型 $Y_{\text{咀嚼性}}=0.055X_{\text{硬度}}+0.161X_{\text{弹性}}+2.521X_{\text{耐咀嚼性}}-0.566$ ($R^2=0.858$),这使得质构仪通过模拟口腔咀嚼来检测猕猴桃果实在贮藏期间的质构变化可以更加客观准确。

2.2 穿刺方法在果蔬质构评价中的应用

质构仪的穿刺方法和牙齿刺破样品的过程相似,测试用的探头面积通常比样品的接触面积小,测试参数包括破裂强度——曲线第一峰的力值、凹陷深度——曲线第一峰的运行距离、凝胶强度——曲线第一峰力值与运行距离的乘积^[24]。Guinea^[25]用质构仪对辣椒边缘进行穿刺试验以测定辣椒的硬度,探头选用 2 mm 直径、测试速度为 2 mm/s,最大穿刺力就可以作为辣椒硬度的衡量指标。Chiavaro 等^[26]用质构仪穿刺试验测定马铃薯的硬度,选用 3 mm 直径的圆柱形探头、测试速度为 1 mm/s、压缩量为 10%,穿刺马铃薯表面所需的力即可以作为其硬度的衡量指标。姜松等^[27]用 TA-XT2i 质构仪对水果黄瓜进行穿刺试验,研究水果黄瓜在不同贮藏温度下质地特性的变化,得到果实的坚实度、压缩斜率和破裂变形这 3 个参数的变化关系。结合贮藏期间果实的感官品质分析发现,3 个参数的变化曲线可以很好地反映水果黄瓜在不同温度下的最佳贮藏时间,为贮藏期间水果黄瓜的品质变化提供了可以量化的依据。张谦益等^[28]用穿刺的方法研究梨果实的质构特性,监测其在货架期期间的质地变化,并分析各质地参数的相关性,得到梨果实在货架期的破裂强度和软化过程中品质变化趋势的信息。

由于不同果蔬的质构和感官特性可能存在一些

差异,因此有必要进行相关性分析的试验。杨静等^[29]为了验证西瓜力学特性和感官品质的相关性,用质构仪分别对 15 个不同品种的西瓜进行穿刺试验。研究证明,果肉的脆度及紧实度等质构参数与感官评价指标的关系存在很高的相关性。Paul 等^[30]用质构仪对 9 个不同品种的苹果进行穿刺试验,鉴别脆度与感官评价结果的相关性。结果表明,用质构仪分析苹果的脆度水平与感官分析得到的结论有很高的相关性,并较其他仪器更加准确。

用质构仪对果蔬进行穿刺试验,采取不同的测试和样品条件都会对结果产生不同的影响。冯慧敏等^[31]用质构仪在不同加载速度和测试形态下对苹果进行穿刺试验,分别测试样品的屈服力(N)、破裂深度(mm)、破裂能($N \cdot mm$)以及果肉平均硬度(N)等力学指标。研究发现,不同加载速度和测试形态对苹果果实的质构特性影响显著,对苹果切块试样穿刺得到的数据不如整果试样测得的数据稳定,而且对苹果轴向和纵向穿刺的力学特性也存在差异。孙锐等^[32]分析比较从 3 个不同部位对无花果果实进行穿刺试验的差异性,并采用配对 T 检验对不同成熟度的无花果果实进行比较分析。得到近果柄端、近果目端和果实中部的硬度差异以及不同成熟度下力学特性的区别,为果实食用和后期加工处理提供理论依据。梁静等^[33]用质构仪对不同品种果桑进行穿刺试验,采用方差分析法分析质构特性的差异,比较得出果皮硬度、果皮破裂距离、果皮脆度、果皮韧性、果肉硬度、粘连性、黏性之间的差异和相关性。赵登超等^[34]用不同型号的探头分别测试不同品种石榴籽的质构特性,通过穿刺试验得到果肉硬度及果膜强度等品质的精确数据。

2.3 其它测试方法在果蔬质构评价中的应用

Jaiswal 等^[35]用剪切的方法测试热烫处理后卷心菜硬度等质构参数,并与新鲜卷心菜做比较,分析卷心菜在加工过程中对温度的敏感程度。张谦益等^[36]用 TA-XT2i 质构仪对梨果实进行蠕变试验,比较分析不同载荷和不同蠕变时间对测试结果的影响。结果发现,梨果实的蠕变变形量会随载荷和蠕变时间的增加而变大,其中载荷的影响效果要比蠕变时间更加显著;而当载荷过小时又会出现应力饱和的现象,也容易发生损伤。郭文斌^[37]对完整的马铃薯块茎进行压缩-应力松弛试验,并比较整茎和切割后试样相应的压缩-应力松弛特性参数,通过建立黏弹性模型,取得压缩过程中黏弹性参数,以上参数可以为测定马铃薯淀粉含量提供依据。王海鸥等^[38]用质构仪对猕猴桃果实进行压缩-应力松弛试验,分析果肉和果囊的流变特性参数差异,此试验为猕猴桃果实的品质评价和特性

分析提供了基础。王海鸥等^[9]还对苹果进行了加载-卸载试验,分析货架期间压缩斜率、弹性度、滞后损失以及硬度的变化趋势。结果发现,以上特性均随时间延长而呈下降趋势,并且得出拟合度最高的3次多项式模型来预测苹果货架期间的硬度变化,为苹果质构品质的快速检测提供了参考。

3 存在的问题

虽然目前质构仪在果蔬质构检测方面的研究不断加深,但还是存在缺乏标准的测试参数及方法等局限性。比如测试条件会影响果蔬质构的测定结果,包括测试样品本身(规格大小、型号、取样量、取样部位、摆放方式等)、测试模式(拉伸、穿刺、压缩、剪切等)、测试参数条件(探头、压缩程度、压缩速率等)以及测试关键指标的选取等。另外,质构特性的研究虽然可以在一定程度上指导生产,但与工业化生产的联系还不是十分的紧密。而且质构仪的测定结果和实际上的感官结果还是存在一定的差距,缺少科学的量化指标,仍需要结合感官评价的方法来对果蔬的品质进行测定。

4 总结及展望

总的来说,质构仪在测定果蔬产品质构特性领域已经有了大量的研究,为果蔬采后加工、运输、贮藏及开发提供理论基础。目前,已经有越来越多的果蔬质构测试方法被开发出来,而且质构仪有着检测简单、准确客观等优势,对品质控制和产品开发都可以提供技术支撑。另外,还可以考虑将质构仪的测定结果与果蔬产品成熟、衰老、腐烂、变质等生理生化指标结合起来,为果蔬的系列研究提供理论依据。由于TPA、穿刺等测试方法会对果蔬本身造成破坏,可以考虑开发超声、光学等无损检测方法,实现快速实时地检测果蔬产品的质构特性。综上所述,质构仪在果蔬研究领域还有更加广阔的发展空间。

参考文献:

[1] 刘亚平,李红波.物性分析仪及TPA在果蔬质构测试中的应用综述[J].山西农业大学学报(自然科学版),2010,30(2):188-192

[2] 贺丽霞,王敏,黄忠民.质构仪在我国食品品质评价中的应用综述[J].食品工业科技,2011(9):446-449

[3] Kilcast D, Fillion L. Understanding consumer requirements for fruit and vegetable texture.[J]. Nutrition & Food Science, 2001, 31(5): 221-225

[4] Rizzolo A, Vanoli M, Bianchi G, et al. Relationship Between Texture Sensory Profiles and Optical Properties Measured by Time-Resolved Reflectance Spectroscopy During Post-Storage Shelf Life of 'Braeburn' Apples[J]. Journal of Horticultural Research, 2014,

22(1): 113-121

[5] Valente M, Ribeyre F, Self G, et al. INSTRUMENTAL AND SENSORY CHARACTERIZATION OF MANGO FRUIT TEXTURE[J]. Journal of Food Quality, 2011, 34(6): 413-424

[6] 张平,李志文,王莉,等.基于穿刺测试的沙窝萝卜质构特性分析[J].食品研究与开发,2012,33(10):196-199

[7] Rolle L, Siret R, Segade S R, et al. Instrumental Texture Analysis Parameters as Markers of Table-Grape and Winegrape Quality: A Review[J]. American Journal of Enology & Viticulture, 2012, 63(1): 11-28

[8] 林芳栋,蒋珍菊,廖珊,等.质构仪及其在食品品质评价中的应用综述[J].生命科学仪器,2009,7(5):61-63

[9] 胡亚云.质构仪在食品研究中的应用现状[J].食品研究与开发,2013(11):101-104

[10] 纪宗亚.质构仪及其在食品品质检测方面的应用[J].食品工程,2011(3):22-25

[11] 朱丹实,李慧,曹雪慧,等.质构仪器分析在生鲜食品品质评价中的研究进展[J].食品科学,2014,35(7):264-269

[12] 闫圆圆.食品研究中质构仪的运用分析[J].食品安全导刊,2016(6):56-57

[13] 贾艳茹,魏建梅,高海生.质构仪在果实品质测定方面的研究与应用[J].食品科学,2011(s1):184-186

[14] 潘秀娟,屠康.质构仪质地多面分析(TPA)方法对苹果采后质地变化的检测[J].农业工程学报,2005,21(3):166-170

[15] 曹雪慧,张方方,李雨露,等.冷冻处理对草莓质构、水分分布及果胶含量的影响[J].食品工业科技,2016,37(5):320-323

[16] 姜松,陈巧林.水蜜桃在贮藏期间的质地变化规律的研究[J].食品研究与开发,2006,27(5):4-5

[17] 宋肖琴.采后枇杷果实质地变化的质构研究[D].杭州:浙江大学,2010

[18] 徐志斌,励建荣,陈青.杨梅果实采摘后品质变化规律的TPA表征[J].食品研究与开发,2009,30(2):114-117

[19] 何全光,黄梅华,张娥珍,等.芒果TPA质构测定优化及不同成熟度芒果质构特性分析[J].食品工业科技,2016,37(18):122-126

[20] 李永红,常瑞丰,张立莎,等.物性分析仪TPA测定鲜食桃质构条件的优化[J].河北农业科学,2016,20(3):95-100

[21] 胡亚云,傅虹飞,寇莉萍.模拟超市销售期间圣女果质构特性变化的研究[J].食品工业科技,2012,33(4):383-386

[22] 刘萌,张振富,王美兰,等.不同包装方式对蓝莓物流及货架期质构品质的影响[J].食品工业科技,2013,34(23):323-327

[23] 吴旻丹,陈瑜,金邦荃.储藏期猕猴桃质构变化的研究及人工咀嚼的建立[J].食品工业科技,2010(12):146-148

[24] 李冉冉,阮征,李汴生.不同食品的质构测定方法[C].广州:"食品工业新技术与新进展"学术研讨会暨2014年广东省食品学会年会,2014

[25] Guinéa R P F. Effect of drying treatments on texture and color of vegetables (pumpkin and green pepper)[J]. Food & Bioproducts Processing, 2012, 90(1): 58-63

[26] Chiavaro E, Barbanti D, Vittadini E, et al. The effect of different cooking methods on the instrumental quality of potatoes (cv. Agata)[J]. Journal of Food Engineering, 2006, 77(1): 169-178

果蔬中木质素提取及其生物活性应用研究进展

纪秀凤, 吕长鑫*, 王新明, 巴俊文, 于泳渤, 励建荣*

(渤海大学 食品科学与工程学院, 辽宁省食品安全重点实验室, 生鲜农产品贮藏加工
及安全控制技术国家地方联合工程研究中心, 辽宁 锦州 121013)

摘要: 木质素作为一类具有众多生物活性的天然多酚类化合物, 广泛存在于植物细胞中, 果蔬中的小分子量木质素作为一种绿色、安全、健康的活性物质具有广阔的应用前景和开发价值。参考近年来国内外对木质素的大量研究, 主要对果蔬中木质素的提取方法、结构表征、生物活性及应用等方面进行阐述, 分析木质素研究现状及存在的问题, 并结合实际展望木质素的未来发展趋势。

关键词: 果蔬; 木质素; 提取; 生物活性; 应用

Extraction and Biological Activity Application Research Progress of Fruits and Vegetables Lignins

Ji Xiu-feng, Lü Chang-xin*, Wang Xin-ming, Ba Jun-wen, Yu Yong-bo, Li Jian-rong*

(1. College of Food Science and Technology, Bohai University, Food Safety Key Lab of Liaoning Province, National & Local Joint Engineering Research Center of Storage, Processing and Safety Control Technology for Fresh Agricultural and Aquatic Products, Jinzhou 121013, Liaoning, China)

Abstract: Lignin, as a kind of natural polyphenol compounds with many biological activities, is widely found in plant cells, which has a wide range of application prospect and development value because they are regarded as the green, safe and healthy bioactive substances. Reference to a large number of researches of lignins in China and abroad, the studies of the extraction methods, structural characterization, bioactivities, and

基金项目: 国家重点研发计划专项(2017YFD0400704); 辽宁省高等学校产业技术研究院重大项目(000041803)

作者简介: 纪秀凤(1992—), 女(汉), 硕士, 研究方向: 农产品加工及贮藏研究。

* 通信作者: 吕长鑫(1965—), 男, 教授, 硕士生导师, 主要从事果蔬贮藏加工与食品资源开发研究; 励建荣(1964—), 男, 教授, 硕士生导师, 主要从事生鲜食品(水产品 and 果蔬)贮藏加工及质量安全方面的研究。

- [27] 姜松, 何莹, 赵杰文. 水果黄瓜在贮藏过程中力学品质变化的研究[J]. 食品科学, 2007, 28(2): 322-326
- [28] 张谦益, 吴洪华, 王香林, 等. 穿刺试验测试梨果肉质地的研究[J]. 农产品加工(学刊), 2006(4): 22-24
- [29] 杨静, 祝彪, 何勇, 等. 西瓜果实力学特性与品质分析[J]. 浙江农业学报, 2017, 29(9): 1581-1588
- [30] Brookfield P L, Nicoll S, Gunson F A, et al. Sensory evaluation by small postharvest teams and the relationship with instrumental measurements of apple texture [J]. Postharvest Biology & Technology, 2011, 59(2): 179-186
- [31] 冯慧敏, 郭玉明, 武新慧. 基于穿刺试验苹果力学性质的研究[J]. 农机化研究, 2016(1): 188-191
- [32] 孙锐, 孙蕾, 马金辉, 等. 各品种不同成熟度无花果质构特性分析[J]. 食品与机械, 2017, 33(2): 22-25
- [33] 梁静, 孙锐, 孙蕾, 等. 不同品种果桑穿刺试验质构特性分析[J]. 山东林业科技, 2017, 47(5): 26-30
- [34] 赵登超, 贾明, 唐贵敏, 等. 质构穿刺检测石榴籽粒质地品质[J]. 热带作物学报, 2016, 37(7): 1419-1423
- [35] Jaiswal A K, Gupta S, Abughannam N. Kinetic evaluation of colour, texture, polyphenols and antioxidant capacity of Irish York cabbage after blanching treatment[J]. Food Chemistry, 2012, 131(1): 63-72
- [36] 张谦益, 吴洪华. 梨果实蠕变基本流变特性研究[J]. 现代食品科技, 2006, 22(4): 46-48
- [37] 郭文斌. 马铃薯压缩、应力松弛特性与淀粉含量相关性的研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2009
- [38] 王海鸥, 胡志超, 谢焕雄, 等. 猕猴桃压缩-应力松弛的试验[J]. 农机化研究, 2006(5): 144-146
- [39] 王海鸥, 陈守江, 扶庆权, 等. 苹果加载-卸载的试验研究[J]. 南京晓庄学院学报, 2015(6): 37-40

收稿日期: 2018-08-11