

测试参数对杏果质地多面分析的影响

郭风军¹, 刘 萌¹, 冯雁丽¹, 李冬梅¹, 王美兰^{1,*}, 张长峰², 张玉华²

(1.烟台大学食品科学与工程研究所, 山东 烟台 264005;

2.国家农产品现代物流工程技术研究中心, 山东 济南 250103)

摘 要: 通过对杏果进行TPA测试, 探究10%~35%的压缩程度和60~240mm/min的压缩速率对质构参数的影响。结果表明, 压缩程度对杏果硬度1、硬度2、弹性、内聚性和回复性的影响极显著, 压缩速率仅对其回复性影响显著。因此, 在选择合适的测试参数时, 应重点考虑压缩程度。

关键词: 质地多面分析(TPA); 杏果; 压缩速率; 压缩程度

Effect of Test Parameters on Texture Profile Analysis of Apricot

GUO Feng-jun¹, LIU Meng¹, FENG Yan-li¹, LI Dong-mei¹, WANG Mei-lan^{1,*}, ZHANG Chang-feng², ZHANG Yu-hua²

(1. Research Institute of Food Science and Engineering, Yantai University, Yantai 264005, China;

2. National Engineering Research Center for Agricultural Products Logistics, Jinan 250103, China)

Abstract: Although TPA is one of the important methods for evaluating textural properties of fruit and vegetables, the selection of test parameters may potentially affect TPA results. The effects of compression degree and speed (in the ranges of 10% to 35% and 60 to 240 mm/min, respectively) on TPA results were investigated. Compression degree revealed remarkable influence on five textural parameters including hardness 1, hardness 2, springiness, cohesiveness and resilience, while compression speed affected only resilience. Therefore, compression degree should receive more attention in selecting test parameters for TPA measurement.

Key words: texture profile analysis; apricots; compression speed; compression degree

中图分类号: TS255.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2013)05-0022-04

食品质构是生产者和消费者衡量产品质量的重要指标之一。近年来, 物性分析仪已经广泛应用于许多食品质地结构的测定, 为食品生产和科研工作者提供了极大的便利。质地多面分析(texture profile analysis, TPA)测试作为物性分析仪测试方法之一, 已成为质构分析的一个重要手段。国内外已将其用于苹果^[1-6]、梨^[7]、杨梅^[8]、枇杷^[9]、草莓^[10]、葡萄^[11-12]、胡萝卜^[4]、土豆^[6]、湿面^[13]、面包^[14]、奶酪^[4,15-16]等多种食品的质构研究。

TPA是通过对样品进行两次压缩过程模拟人口腔的咀嚼运动, 并将测试曲线实时输出至电脑, 从而利用力学测试方法模拟食品质构的感官评价, 也称作两次咀嚼测试、质地多面分析法^[17]。根据输出的测试曲线可得到硬度、脆性等参数指标, 经计算后可得到黏性、弹性、内聚性、胶黏性、咀嚼性、回复性等参数指标。

在TPA测试过程中, 样品尺寸、样品前处理方式、压缩探头与样品尺寸的比值、压缩程度、压缩速率、压缩次数、两次压缩之间的停留间隔以及实验重复的次数等均会

影响TPA各项参数指标。另外, 样品的种类对TPA的各项参数指标的影响也不尽相同。因此, 必须结合实际选择合适的测试条件, 并在TPA测试结果中注明测试条件。

成熟的杏果质地较软, 普通测试仪器很难准确测定其质构特性。目前, 测试条件对杏果TPA结果的影响未见报道。本实验用美国Food Technology Corporation(FTC)公司生产的TMS-Pro型质构仪对杏果进行TPA测试, 探索压缩程度和压缩速率对TPA各参数指标的影响, 以便为杏果的TPA测试选择合适的测试条件, 并为质构仪对杏果等核果类水果质构测定的实际应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 样品准备和处理

实验用的“金太阳”杏为10a生, 于2011年6月22日上午7时采于山东省烟台市莱山区清泉寨果园, 成熟度为完熟。采摘后立即运往烟台大学农产品加工与贮藏实验

收稿日期: 2012-04-19

基金项目: 国家“863”计划项目(2011AA100702)

作者简介: 郭风军(1986—), 男, 硕士研究生, 研究方向为农产品加工及贮藏工程。E-mail: mixi113@126.com

*通信作者: 王美兰(1958—), 女, 教授, 本科, 研究方向为农产品加工及贮藏工程。E-mail: wmllydyhx-2266@sohu.com

室。取大小均匀一致、外形完好洁净的杏果,在25℃进行整果TPA测试。

1.2 TPA测试条件

用美国Food Technology Corporation(FTC)公司的TMS-Pro型质构仪对杏果样品进行TPA测试。测试探头型号为TMS-75mm圆盘挤压探头P/75。测试条件如下:测前速率为30mm/min;压缩速率分别为60、120、180、240mm/min共4个水平;测后速率与测前速率一致;压缩程度分别为10%、15%、20%、25%、30%、35%共6个水平;两次压缩之间的停留间隔:0s;采样速率:10Hz;最小触发力:0.3N;每项测试重复5次。

1.3 TPA参数含义

硬度1(hardness 1):第1次挤压循环的最大力量峰值(N);硬度2(hardness 2):第2次挤压循环的最大力量峰值(N);弹性(springiness):第一次挤压结束后第二次挤压开始前样品恢复的高度(mm);内聚性(cohesiveness):第二次挤压循环的正峰面积同第一次挤压循环的正峰面积的比值(必须是下压实验);回复性(resilience):第一次挤压循环的回程做功同挤压做功的比值。

1.4 数据分析

采用Origin 7.5作图软件和SPSS17.0统计软件分别对实验数据进行作图和统计分析^[18],分析压缩速率和压缩程度对测试结果的影响。

2 结果与分析

2.1 TPA质构图谱分析

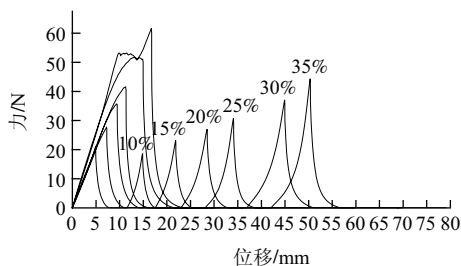


图1 压缩速率为60mm/min的TPA测试图谱

Fig.1 Texture profile analysis at A compression speed of 60 mm/min

测试过程中分别记录了4种压缩速率下的质构图谱和质构参数指标。其中,压缩速率为60mm/min的质构图谱如图1所示。当压缩程度 $\leq 30\%$ 时,第一次压缩过程仅出现一个峰(即为硬度1),质构曲线具有较好的对称性,说明杏果未出现破裂,弹性较好;当压缩程度为35%时,在第一次压缩过程中则出现两个峰(第一个峰即为破裂力,第二个峰即为硬度1),质构曲线对称性变差,说明随着压缩程度的增大,杏果产生破裂和果肉组织受到较大程度的破坏,回复性降低^[2,5,19-20]。

2.2 测试条件对杏果的实验结果的影响

根据实验结果,从中筛选出相对稳定的5个参数指标作为分析标准,分别为:硬度1、硬度2、弹性、内聚性、回复性等。通过对实验数据进行方差分析,进一步准确评估压缩程度和压缩速率对上述5项参数的影响。

2.2.1 压缩程度与压缩速率对硬度1的影响

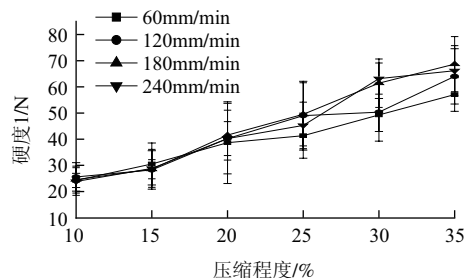


图2 压缩程度与压缩速率对硬度1的影响

Fig.2 Effect of compression degree and compression rate on hardness 1

在TPA测试中,一般用硬度1表示样品的硬度。由图2可知,当压缩速率一定(以60mm/min为例)时,杏果的硬度随压缩程度的增大而增大。压缩程度对杏果的硬度影响极显著($F=77.052$, $P<0.01$),这与Madieta^[5]、宋钰兴^[10]等的研究相一致。压缩程度的增大使得杏果的力学阻力增大,从而表现为杏果的硬度增大。不同的压缩速率对杏果的硬度无显著影响($F=2.860$)。Alvarez等^[6]也认为压缩速率对土豆和苹果的硬度几乎无影响。当压缩程度一定时,由于压缩速率的改变并未引起杏果的力学阻力增大,因此,不同的压缩速率对杏果等果实组织的硬度无显著影响。

2.2.2 压缩程度与压缩速率对硬度2的影响

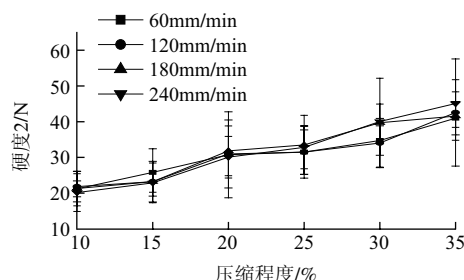


图3 压缩程度与压缩速率对硬度2的影响

Fig.3 Effect of compression degree and compression rate on hardness 2

由图3可知,当压缩速率一定(以60mm/min为例)时,随压缩程度的增大,杏果的硬度2明显增大。压缩程度对杏果的硬度2影响极显著($F=85.986$, $P<0.01$)。王海鸥^[3]、Madieta^[5]等研究也分别发现压缩程度对苹果的硬度2的影响显著。不同的压缩速率对杏果的硬度2无显著影响($F=0.812$)。Madieta等^[5]认为压缩程度与苹果的硬度1、硬

度2有良好的线性关系,而压缩速率对硬度1、硬度2几乎无影响。压缩程度和压缩速率对硬度2的影响与硬度1类似,第2次压缩过程中随着压缩程度的增大也引起了杏果力学阻力的增大,而压缩速率的增大未明显改变杏果的力学阻力。

另外,在相同测试条件下,杏果的硬度2明显小于硬度1。细胞壁的强度和细胞膨压的大小是决定细胞的完整性和形态的关键因素,因此也是影响杏果等果蔬质构的关键因素^[17]。第1次压缩过程可能破坏了杏果的果皮细胞和果肉细胞,使得部分汁液渗出,进而细胞壁的强度降低、细胞膨压减小(即破坏了细胞的完整性和形态),最终导致杏果的力学阻力降低,即杏果的硬度2明显小于硬度1。

2.2.3 压缩程度与压缩速率对弹性的影响

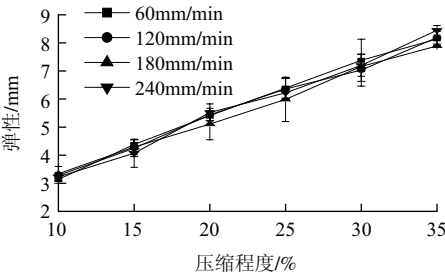


图4 压缩程度与压缩速率对弹性的影响

Fig.4 Effect of compression degree and compression rate on springiness

弹性可以反映出杏果受到压缩变形,当外力撤去后恢复至原来状态的能力。由图4可知,当压缩速率一定(以60mm/min为例)时,随压缩程度的增大,杏果的弹性明显增大($F=533.961$, $P<0.01$),与宋钰兴等^[10]对草莓的研究结果一致,这可能是由于在压缩过程中杏果的结构组织未被完全破坏前,压缩程度越大,回弹到原来位置的距离越大,所以,弹性越大^[10]。压缩速率对杏果的弹性无显著影响($F=1.471$)。Madieta等^[5]研究也认为压缩速率对苹果的弹性无显著影响,但是王海鸥等^[14]认为面包的弹性随压缩速率的增大而显著升高。这可能是因为面包含水量较低、呈多孔蓬松状,而杏果、苹果等水果含水量较高、质地较致密,这种组织结构上的差异使得测试结果亦有所差异。

2.2.4 压缩程度与压缩速率对内聚性的影响

内聚性反映了样品内部分子间或各结构要素间的结合作用的大小。如图5所示,当压缩速率一定(以60mm/min为例)时,随着压缩程度的增大,杏果的内聚性明显减小($F=282.080$, $P<0.01$),但是当压缩程度一定时,随着压缩速率的增大,杏果的内聚性无显著变化($F=0.134$)。姜松等^[1]也认为压缩程度对苹果的内聚性影响显著,而压缩速率对其无显著影响。随着压缩程度的增大,可能杏果

受到的破坏明显增大,杏果的结构组织间的结合作用减小,因此,杏果的内聚性减小,而压缩速率的变化对杏果的破坏作用并不明显,所以,不同压缩速率条件下杏果的内聚性无明显变化。

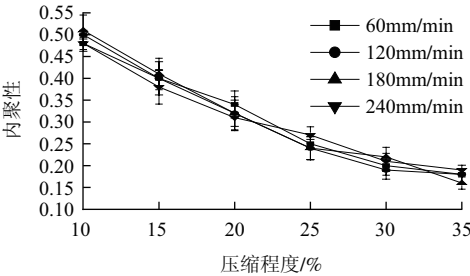


图5 压缩程度与压缩速率对内聚性的影响

Fig.5 Effect of compression degree and compression rate on cohesiveness

2.2.5 压缩程度与压缩速率对回复性的影响

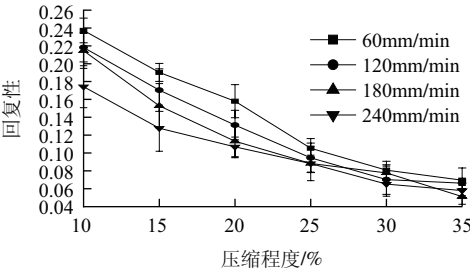


图6 压缩程度与压缩速率对回复性的影响

Fig.6 Effect of compression degree and compression rate on resilience

由图6可知,当压缩速率一定(以60mm/min为例)时,随着压缩程度的增大,杏果的回复性明显减小($F=282.080$, $P<0.01$)。当压缩程度 $<25\%$ 时,随着压缩速率的增大,杏果的回复性也有显著变化,而当压缩程度 $\geq 25\%$ 时,压缩速率对杏果的回复性影响并不显著。进一步进行方差分析(表1),可得:压缩速率对杏果的回复性影响显著($F=10.635$, $P<0.05$)。姜松等^[21]也认为压缩程度和压缩速率均对苹果(整果)的回复性有显著影响,但是宋钰兴^[10]、刘亚平^[22]等认为仅压缩程度对苹果(切块)的回复性有显著影响,而压缩速率则对其无明显影响。这可能因为不同的样品处理方式改变了样品的质构特性,使得压缩速率对回复性的影响产生了一定的差异。

表1 5项质构特性参数F值的方差分析					
Table 1 ANOVA of five textural parameters					
指标	硬度1	硬度2	弹性	内聚性	回复性
压缩程度	77.052**	85.986**	533.961**	282.080**	96.130**
压缩速率	2.860	0.812	1.471	0.134	10.635*

注:*.影响显著($P<0.05$);**.影响极显著($P<0.01$); $F_{0.05(3,15)}=8.70$; $F_{0.05(5,15)}=6.43$; $F_{0.01(3,15)}=26.83$; $F_{0.01(5,15)}=9.72$ 。

3 讨论

本实验对杏果进行TPA测试,研究了压缩程度和压缩速率对杏果硬度1、硬度2、弹性、内聚性和回复性的影响。结果表明压缩程度对杏果硬度1、硬度2、弹性、内聚性和回复性影响极显著,而压缩速率对杏果硬度1、硬度2、弹性和内聚性无显著影响,对其回复性影响显著。总体上,压缩程度对各项质构特性参数影响较大,而压缩速率对其影响较小。因此,在选择合适的测试条件时,应该更多地考虑压缩程度对各项质构特性参数的影响。这为质地多面分析(TPA)测试在杏果等水果中的实际应用提供一定的参考。

除了压缩程度和压缩速率,其他测试条件对TPA的质构特性参数也有一定的影响。例如,样品是否切块^[5,10,21]、切块尺寸^[21]等不同的处理方式会对TPA的质构特性参数产生一定的影响。另外,探头尺寸^[23]、两次压缩之间的停留间隔^[10]也会使TPA的质构特性参数出现一定的差异。因此,样品处理方式、探头尺寸和两次压缩之间的停留间隔等其他测试条件对杏果的TPA测试质构特性参数的影响还有待探究。

参考文献:

- [1] 姜松,王海鸥. TPA质构分析及测试条件对苹果TPA质构分析的影响[J]. 食品科学, 2004, 25(12): 68-71.
- [2] 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): 166-171.
- [3] 王海鸥,姜松. 测试条件对苹果TPA质地参数的影响[J]. 食品与机械, 2004, 20(1): 13-14.
- [4] BOURNE M C, COMSTOCK S H. Effect of degree of compression on texture profile parameters[J]. Journal of Texture Studies, 1981, 12(2): 201-216.
- [5] MADIETA E, SYMONEAUX R, MEHINAGIC E. Textural properties of fruit affected by experimental conditions in TPA tests: an RSM approach[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2011, 46: 1044-1052.
- [6] ALVAREZ M D, CANET W, LÓPEZ M E. Influence of deformation rate and degree of compression on textural parameters of potato and apple tissues in texture profile analysis[J]. Eur Food Res Technol, 2002, 215: 13-20.
- [7] 孟陆丽,张谦益,吴洪华,等. TPA试验测试梨果肉质地研究[J]. 食品科技, 2006(10): 283-286.
- [8] 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.
- [9] 宋肖琴,张波,徐昌杰,等. 采后枇杷果实的质构变化研究[J]. 果树学报, 2010(3): 379-384.
- [10] 宋钰兴,邵兴锋,张春丹,等. 测试条件的变化对草莓质地剖面分析结果的影响[J]. 食品科学, 2011, 32(13): 15-18.
- [11] 田海龙,张平,农绍庄,等. 基于TPA测试法对1-MCP处理后葡萄果实质构性能的分析[J]. 食品与机械, 2011, 27(3): 104-107.
- [12] 张昆明,张平,李志文,等. 葡萄贮藏期间果肉质地参数变化规律的TPA表征[J]. 食品与生物技术学报, 2011, 30(3): 353-358.
- [13] 吴伟都,董海英,朱慧,等. TPA及测试条件对湿面质构分析的影响[J]. 粮油加工, 2008(5): 84-86.
- [14] 王海鸥,姜松. 质构分析(TPA)及测试条件对面包品质的影响[J]. 粮油食品科技, 2004, 12(3): 1-4.
- [15] LUCEY J A, JOHNSON M E, HORNED S. Perspectives on the basis of the rheology and texture properties of cheese[J]. J Dairy Sci, 2003, 86: 2725-2743.
- [16] XIONG R, MEULLENET J F, HANKINS J A, et al. Relationship between sensory and instrumental hardness of commercial cheeses[J]. Journal of Food Science, 2002, 67(2): 877-883.
- [17] 李云飞,殷涌光,徐树来,等. 食品物性学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2009.
- [18] 贾艳丽,杜强. SPSS统计分析标准教程[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2010.
- [19] McLAUGHLIN N, PITT R. Failure characteristics of apple tissue under cyclic loading[J]. Trans ASAE, 1984, 27(1): 311-320.
- [20] RAO M A, STEFFE J F. Viscoelastic properties of foods[M]. London and New York: Elsevier, 1992: 49-76.
- [21] 姜松,林琳,王海鸥,等. 苹果整果TPA试验的研究[J]. 江苏大学学报, 2004, 25(3): 189-192.
- [22] 刘亚平,李洪波. 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, 2010, 30(2): 188-192.
- [23] 邵兴锋,朱勇,张春丹. 测试因素对苹果质地剖面分析结果的影响[J]. 中国食品学报, 2011, 11(6): 199-205.