

质构仪质地多面分析(TPA)方法对苹果采后质地变化的检测

潘秀娟, 屠康

(南京农业大学食品科技学院, 南京 210095)

摘要: 应用质构仪质地多面分析(TPA)试验法, 对红富士与嘎拉苹果采后质地进行分析。结果表明, 果肉黏着性与硬度、脆度、凝聚性等质地参数值呈负相关; 果肉凝聚性与硬度、回复性、咀嚼性参数值有较好的正相关性($R = 0.86 \sim 0.95$); 果肉弹性值与其它参数值相关性较差, 而回复性与弹性以及黏着性以外的质地参数值有较好的正相关性($R = 0.67 \sim 0.95$)。确定脆度、黏着性、凝聚性、回复性、咀嚼性5项参数用于比较红富士与嘎拉苹果采后质地的差别, 结果反映了嘎拉较红富士苹果更易出现绵软的质地特性。

关键词: 质地多面分析; 苹果; 质地参数; 绵软

中图分类号: TS255.3; TS201.7

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2005)03-0166-05

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

Pan Xiujuan, Tu Kang Comparison of texture properties of post-harvested apples using texture profile analysis[J].

Transactions of the CSAE, 2005, 21(3): 166-170 (in Chinese with English abstract)

0 引言

苹果质地脆嫩多汁, 然而, 采后苹果质地会不断变化, 内部组织逐渐变得绵软, 严重时会影响食用价值。果肉质地状况, 目前大多仍凭口感判断, 常会因人而异。传统上多采用硬度计测定果肉硬度。然而, 表征果实质地特性的参数还包括脆度、黏性、汁液丰富性等。近年来, 质构仪等仪器的使用使得果肉质地评价的内容更为丰富, 评价参数的设定也更为客观, 克服了传统检测法的一些缺点。质构仪质地多面分析(TPA)检测是模拟人牙齿咀嚼食物, 对试样进行两次压缩的机械过程, 该过程能够测定探头对试样的压力以及其它相关质地参数^[1]。国外对食品质地的研究, 如奶酪^[2]、水果(苹果、草莓、桃、香蕉、柑桔等)^[3-6]、米饭^[7]、土豆^[8]、肉类^[11]等已经比较深入, 但是, 国内这方面的研究鲜见报道, 特别是对不同苹果质地进行比较的研究。

本文采用质构仪TPA试验法, 对红富士与嘎拉苹果采后质地变化进行研究, 旨在比较不同品种的苹果果肉特性, 验证TPA试验法于苹果质地特性评价中的有效性, 寻找反映红富士和嘎拉苹果果实质地状况的最佳评价参数。

1 材料与方法

1.1 材料与处理方法

2003年采摘的新鲜嘎拉苹果(山东栖霞)与红富士

苹果(江苏丰县)为试验材料。两品种的苹果分别设冷藏组和货架组。其中冷藏组的苹果置(0 ± 0.5), 相对湿度90%的条件下贮藏6周; 货架组苹果置(19 ± 1), 相对湿度65%的恒温恒湿培养箱中贮藏4周。贮藏期间, 每周各取10个果实测定质地参数。

1.2 主要仪器与设备

TA.XT2i质构分析仪(StableMicro System sLtd, 英国); PYX-250H-A恒温恒湿培养箱(广东韶关科力试验仪器有限公司)

1.3 果实质地分析

沿果梗, 将果实纵向均匀切分为两瓣, 使用内径14mm的打孔器按图1所示测点1、2、3、4取样, 然后用切分宽度4.5mm的双刀切取居中部位小圆柱体试样。将试样置于TA.XT2i质构仪P/50探头下做TPA试验。参数设置为: 预压速度1.00mm/s, 下压速度0.5mm/s, 压后上行速度1.00mm/s, 两次压缩中间停顿5s, 试样受压变形60%^[9], 触发力值0.1N。由质地特征曲线(如图2)得到表征果肉质地的评价参数: 硬度1(Hardness1)、硬度2(Hardness2)、脆度(Fracturability)、黏着性(Adhesiveness)、弹性(Springiness)、回复性(Resilience)、凝聚性(Cohesiveness)、胶性(Gumminess)、咀嚼性(Chewiness)。

图1 苹果取样方式示意图

Fig 1 Illustration of sampling locations and orientation

收稿日期: 2004-06-02 修订日期: 2004-09-21

基金项目: 国家自然科学基金(30270765); 江苏省自然科学基金(BK2001409); 教育部优秀青年教师资助计划

作者简介: 潘秀娟(1979-), 女, 研究方向为农产品贮藏与加工。

通讯作者: 屠康(1968-), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事农产品检测、贮藏和加工方面的研究工作。南京市 南京农业大学食品科技学院, 210095。Email: kangtu@njau.edu.cn

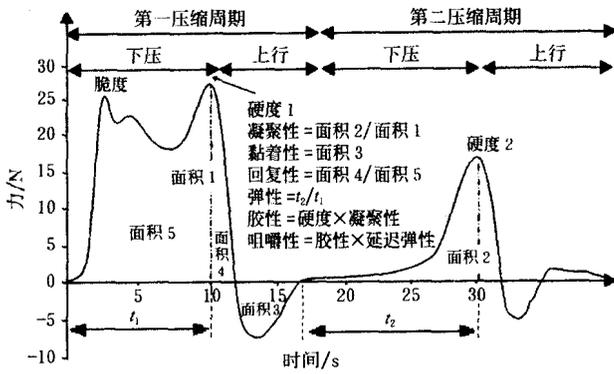


图2 苹果TPA 试验质地特征曲线

Fig 2 Typical texture profile analysis curve of an apple

1.4 果实出汁率与失重率测定

在小圆柱体果样的上、下各放4层吸水纸(取样方法同1.3),置质构仪下挤压一次(Compression test),用称重法计算果样受压变形60%的失重率,通过失重率计算出汁率并取平均值。果实在贮藏期间的失重率采用称重法测定。

2 结果与分析

2.1 TPA 试验所得各项质地参数及各参数间相关性

由TPA 试验得到反映果实质地特性的各项参数,

其各参数意义在相关参考文献中有详细说明^[1,5,6]。其中黏着性表示对接触面黏着的性质,是抵抗探头上升所作的功;果实咀嚼性又为胶性与弹性的乘积,多用于评价半固态食品^[1],此处苹果为固态食品,因此不再对胶性这一参数做讨论。硬度2为TPA 试验第二压缩周期内试样所受最大力,第一次压缩后试样变形程度对硬度2的影响较大,故仅对硬度1做分析。

2.1.1 果肉脆度与硬度

由表1可知,在本试验条件下,红富士与嘎拉苹果果肉硬度与脆度皆呈较好相关性(相关系数R分别为0.8131与0.9315)。硬度与脆度两项参数都可以反映果实坚实度。硬度较大的果实,脆度也较高,然而在评价苹果果实脆性时,硬度参数并不能代替脆度。因为果肉脆性的表现还与其应力松弛特性有关,在对果肉施加压力时,果肉初期变形很小便产生断裂或破碎,则果肉脆性大^[10]。

2.1.2 果肉黏着性

果肉黏着性与硬度、脆度呈负相关,说明硬度、脆度较高的果肉表现不出黏着性,或者黏着性很小。黏着性与凝聚性、弹性、咀嚼性皆成负相关,同样说明凝聚性、弹性、咀嚼性较高的果肉黏着性较低。然而,本试验中黏着性与这些质地参数的相关性较差,可能是由于该参数测试较困难,偏差相对较大所致。

表1 TPA 试验所得苹果各项质地参数间的相关性(R) 矩阵表

Table 1 Correlation (R) matrix among textural parameters of the TPA test

	品种	硬度	脆度	黏着性	凝聚性	弹性	回复性	咀嚼性
硬 度	红富士	1						
	嘎 拉	1						
脆 度	红富士	0.8131	1					
	嘎 拉	0.9315*	1					
黏着性	红富士	-0.5861	-0.4973	1				
	嘎 拉	-0.6169	-0.5437	1				
凝聚性	红富士	0.8584*	0.6357	-0.1749	1			
	嘎 拉	0.9409*	0.8017	-0.6683	1			
弹 性	红富士	0.0819	0.0173	-0.0374	0.0583	1		
	嘎 拉	0.2542	0.2324	-0.4686	0.2807	1		
回复性	红富士	0.8975*	0.6699	-0.1192	0.8788*	0.1212	1	
	嘎 拉	0.9341*	0.8093	-0.5828	0.9532*	0.1712	1	
咀嚼性	红富士	0.9435*	0.7686	-0.5023	0.9066*	0.4102	0.8959*	1
	嘎 拉	0.9780*	0.8994*	-0.6691	0.9414*	0.3471	0.9289*	1

注: 以上为冷藏与货架贮藏组苹果整体的评价结果,相关系数R 皆由散点值计算所得(n = 120, n 为苹果数量); * 表示R > 0.85, 相关性显著。

2.1.3 果肉凝聚性

表1中,果肉凝聚性与硬度、回复性、咀嚼性相关性较好(R = 0.86 ~ 0.95),反映了该参数可与以上几项参数共同反映果实的质地特性,验证了它作为一项质地评价参数的可靠性。

2.1.4 果肉弹性与回复性

在红富士苹果与嘎拉苹果的质地测试中,弹性与其它参数的相关性较低,可能由于在60%受压程度下,果样受到两次挤压后,变形较大,生物体弹性的表现受抑制所致。引用弹性这一参数时,应仔细考虑试验目的及

试验参数的设置^[11,12]。而回复性与弹性以及黏着性以外的质地参数值有较好的相关性(R = 0.67 ~ 0.95),该参数由TPA 曲线第一压缩周期所得,反映了果样在受到一次压缩,同时迅速恢复变形的能力,它在反映果实质地特性中的可靠度优于弹性,故以下仅对回复性做讨论。

2.1.5 果肉咀嚼性

由表1可知,果实咀嚼性与硬度相关性很高,除与参数的定义有关外,二者都能够反映果实坚实度大小,对应人体口腔中触觉感受。咀嚼性定义为硬度、凝聚性、

以及弹性三者乘积,所以,在质地测试时,硬度与脆度参数若取其一,建议仅对脆度做讨论,硬度特性可由咀嚼性参数表现。咀嚼性与弹性相关性偏低,而与回复性相关性较高,可能由于试验中果肉受压较大,弹性表现较小所致。

2.2 两种苹果采后肉质质地参数及果实失重率和果肉出汁率的变化

2.2.1 脆度的变化

由图3可以看出,红富士苹果的脆度随冷藏时间的延长变化不大,嘎拉苹果的脆度皆随贮藏时间的延长下降较快,冷藏3周后趋势减缓,而货架贮藏1周的嘎拉苹果的脆度从62 N 下降到40 N,之后衰减变慢,贮藏前期,嘎拉苹果的脆度均高于红富士苹果,而冷藏3周或货架保存3 d 后,其脆度开始低于红富士苹果,货架贮藏条件下,两品种的苹果的脆度差别较大。

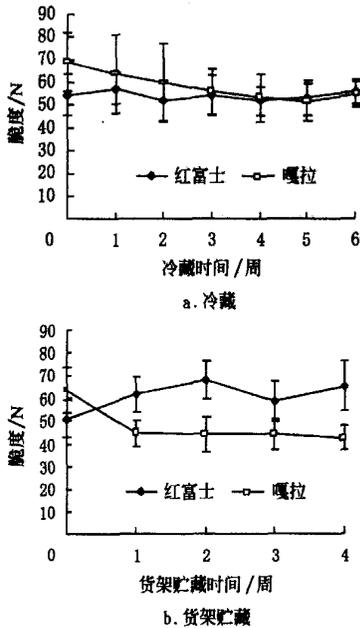


图3 红富士与嘎拉苹果果肉脆度的变化
Fig 3 Changes of fracturability of Fuji and Gala apples during storage

2.2.2 黏着性的变化

黏着性反映了咀嚼果肉时,果粒对上腭、牙齿、舌头等接触面黏着的性质。由图4可知,冷藏期与货架贮藏期的嘎拉苹果果肉黏着性都很快增加,红富士苹果在冷藏和货架贮藏条件下黏着性变化不明显。这可能与采后嘎拉苹果质地很快变得绵软,而红富士苹果绵软特性变化相对较慢有关。新鲜度较高的嘎拉苹果,果肉黏着性较小^[13],以黏着性作为质地评价参数,可以反映嘎拉果实新鲜度,对红富士苹果此参数变化不敏感。

2.2.3 凝聚性的变化

凝聚性反映的是咀嚼果肉时,果粒抵抗受损并紧密连接,使果实保持完整的性质,它反映了细胞间结合力的大小。图5中,冷藏与货架贮藏条件下,嘎拉苹果较红富士苹果果肉凝聚性下降得快,说明嘎拉苹果细胞间结合力随贮藏时间的延长下降很快,以致果肉组织变得疏

松,使果实口感质量降低。感官描述中,过熟苹果质地的绵软特性指口中果肉易碎,呈粉状,干面的感觉^[14]。实际上,果肉的绵软是在某种程度上是细胞间结合力减小的结果^[15]。凝聚性与绵软性恰好反映了两种相反的性质。

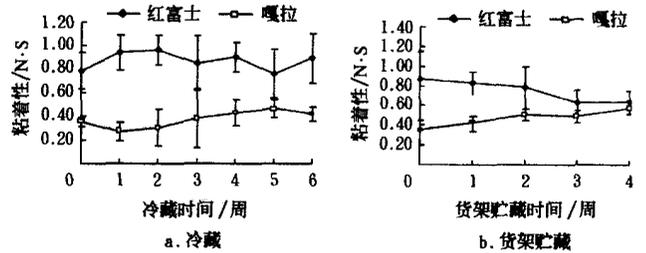


图4 红富士与嘎拉苹果果肉黏着性的变化
Fig 4 Changes of adhesiveness of Fuji and Gala apples during storage

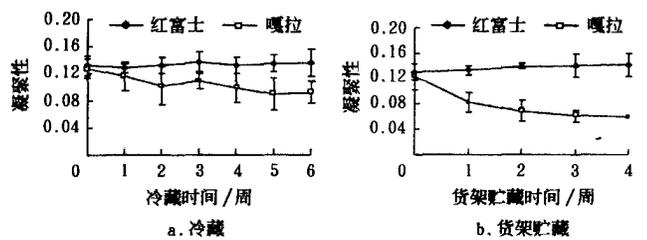


图5 红富士与嘎拉苹果果肉凝聚性的变化
Fig 5 Changes of cohesiveness of Fuji and Gala apples during storage

2.2.4 回复性的变化

回复性反映的是果实受压,同时迅速恢复变形的能力,如果果肉组织受到较大破坏,回复性趋向于零。图6中,冷藏与货架贮藏期的嘎拉苹果回复性都快速下降,冷藏2周,或货架贮藏1周后减缓,而红富士苹果回复性在较短冷藏期内不表现明显下降趋势。这说明红富士苹果保持生物体弹性的能力较嘎拉苹果好,这可能与红富士果肉质地更为致密有关。

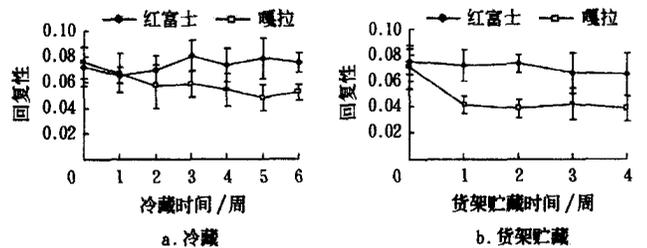


图6 红富士与嘎拉苹果回复性的变化
Fig 6 Changes of resilience of Fuji and Gala apples during storage

2.2.5 咀嚼性的变化

咀嚼性参数为硬度、凝聚性、弹性三者乘积,它综合反映了果实对咀嚼的持续抵抗力。由图7可知,冷藏与货架贮藏期的红富士与嘎拉苹果果肉咀嚼性均呈下降

趋势, 嘎拉苹果的咀嚼性下降较快, 随着冷藏时间及货架贮藏期的延长, 两种苹果咀嚼性相差渐大。冷藏3周后或货架贮藏1周后的嘎拉苹果较红富士苹果更不耐嚼, 正是嘎拉苹果较红富士苹果更易变绵软的表现。

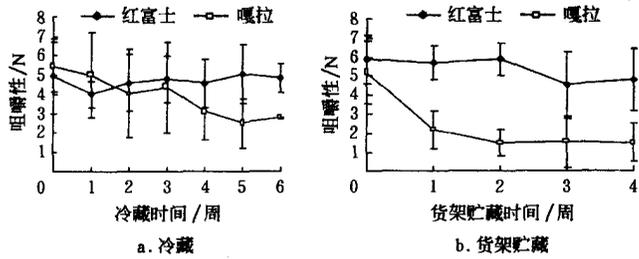


图7 红富士苹果与嘎拉苹果咀嚼性的变化

Fig 7 Changes of chewiness of Fuji and Gala apples during storage

2.2.6 两种苹果间果实失重大小与果肉出汁率变化

由表2可知, 随着采后冷藏期与货架贮藏期的延长, 红富士与嘎拉苹果的失重率逐渐增加, 果肉挤出汁率下降, 间接表明质地衰减。表中两品种苹果的失重率变化没有显著差别, 但货架条件贮藏4周的嘎拉苹果果肉的出汁率显著低于红富士苹果, 而且嘎拉苹果的出汁率较红富士苹果出汁率下降快。取出汁率变化(%) = 100 × (果实初始出汁率 - 冷藏或货架贮藏某阶段的出汁率) / 果实初始出汁率, 货架贮藏2周后红富士苹果出汁率下降了35%, 而嘎拉苹果出汁率下降了49%。果肉出汁率与果肉细胞膨压有着密切的关系。细胞膨压的减小使得出汁率下降, 同时果肉硬度降低^[16]。因此果肉出汁率的下降是伴随果实质地变软的过程, 这些变化的综合效果使得果实口感变差。以上说明, 红富士苹果的货架贮藏期长于嘎拉苹果, 而且红富士的货架质地优于嘎拉苹果。但是, 嘎拉苹果冷藏前期的脆度与红富士相比较, 出汁率也较高。

表2 红富士苹果与嘎拉苹果采后果实失重率与果肉出汁率比较

Table 2 Comparison of weight loss rate and juice extraction rate between Fuji and Gala apples after harvest %

组别	时间	红富士		嘎拉	
		失重率	出汁率	失重率	出汁率
冷藏组	0周	0	33.16 ^a	0	35.78 ^a
	3周	0.69	28.28 ^a	0.62	28.01 ^a
	6周	1.37	21.17 ^a	1.21	20.36 ^a
货架组	0周	0	32.58 ^a	0	35.78 ^a
	2周	3.27	21.26 ^a	3.75	18.25 ^a
	4周	7.64	20.93 ^a	7.58	16.88 ^b

3 结论与讨论

随着贮藏时间的延长苹果果肉会变得绵软, 果肉脆性降低, 汁液丰富度明显下降。质构仪TPA试验的各项参数能够在不同方面反映苹果果肉的这种变化特性。这些参数所对应的具体感官评价较难用语言描述和打分、分级, 而仪器测定的参数值具有客观性。但应注意, 在执

行TPA试验时应该进行预试验, 设置质构仪的运行参数, 在准确检测数据的支持下, 选取主要评价参数来反映果实质地变化特性。

本研究应用质构仪TPA试验法, 对不同贮藏阶段的红富士与嘎拉苹果进行质地测定。结果表明, 果肉黏着性与硬度、脆度、凝聚性等质地参数值呈负相关; 果肉凝聚性与硬度、回复性、咀嚼性参数值具有较好的正相关性($R = 0.86 \sim 0.95$); 果肉弹性值与其它参数值相关性较差, 而回复性值与其它主要质地参数值有较好的正相关性($R = 0.67 \sim 0.95$), 确定脆度、黏着性、凝聚性、回复性、咀嚼性5项参数用于比较红富士与嘎拉苹果采后质地差别, 结果反映了嘎拉苹果较红富士苹果更易出现绵软的质地特性。但是, TPA测定参数与感官评定的相关性有待于进一步研究。

[参考文献]

- [1] 李里特 食品物性学[M] 北京: 中国农业出版社, 2001
- [2] Lucey J A, Johnson M E, Horne D S. Perspectives on the basis of the rheology and texture properties of cheese[J]. Journal of Dairy Science, 2003, 86(9): 2725- 2743
- [3] Szczesniak A S, Ilker R. The meaning of textural characteristics—juiciness in plant foodstuffs[J]. Journal of Texture Studies, 1988, 19: 61- 78
- [4] Apostolopoulos C, Brennan J G. Identification of the main textural characteristics of canned peaches and the effects of processing variables[J]. Journal of Texture Studies, 1984, 25: 383- 402
- [5] Muramatsu N, Takahara T, Kojima K, et al. Relationship between texture and cell wall polysaccharides of fruit flesh in various species of citrus[J]. Hortscience, 1996, 31(1): 114- 116
- [6] Kajuna S, Bilanski W, Mittal G S. Textural changes of banana and plantain pulp during ripening[J]. J Sci Food Agric, 1997, 75: 244- 250
- [7] Rousset S, Pons B, Pilandon C. Sensory texture profile, grain physico-chemical characteristics and instrumental measurements of cooked rice[J]. Journal of Texture Studies, 1995, 26: 119- 135
- [8] Truong V D, Walter W M JR, Hamann D D. Relationship between instrumental and sensory parameters of cooked sweet potato texture[J]. Journal of Texture Studies, 1997, 28: 163- 185
- [9] Nikolao E M avroudis, Petr Deimek, Ingegerd Sjoholm. Studies on some raw material characteristic in different Swedish apple varieties[J]. Journal of Food Engineering, 2004, 62: 121- 129
- [10] Alvarez M D, David Edward, John Saunders, et al. Fracture properties of stored fresh and osmotically manipulated apple tissue[J]. Eur Food Res Technol, 2000, 211: 284- 290
- [11] Alvarez M D, Canet W, Lopez M E. Influence of deformation rate and degree of compression on textural parameters of potato and apple tissue in texture profile analysis[J]. Eur Food Res Technol, 2002, 215: 13- 20

- [12] 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
- [13] Tu Kang, De Baerdemaeker J. Instrumental measurements to investigate apple mealy texture[J]. Int Agrophysics, 1996, 10: 97- 102
- [14] De Smedt V, Barreiro P, Verlinden B E, et al. A mathematical model for the development of mealiness in apples[J]. Postharvest Biology and Technology, 2002, 25: 273- 291.
- [15] Harker F R, Hallett I C. Physiological changes associated with development of mealiness of apple fruit during cool storage[J]. Hortscience, 1992, 27(12): 1291 - 1294
- [16] 束怀瑞, 等. 苹果学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999

Comparison of texture properties of post-harvested apples using texture profile analysis

Pan Xiujuan, Tu Kang

(College of Food Science and Technology, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: Changes of texture properties of harvested Fuji and Gala apples were monitored and compared by using texture profile analysis with the stable microsystem texture analyzer. The correlation coefficients between those texture parameters were also analyzed. It was found that fruit adhesiveness had negative correlations with hardness, fracturability, cohesiveness and other texture parameters. There were positive correlations between apple texture parameters i.e. cohesiveness correlated with hardness, resilience and chewiness, respectively ($R = 0.86 \sim 0.95$). The values of resilience correlated well with the measured parameters excluding springiness and adhesiveness ($R = 0.67 \sim 0.95$). It was concluded that parameters of fracturability, adhesiveness, cohesiveness, resilience and chewiness could provide basis for reliable evaluation of texture properties of apple fruits. Texture of Gala apples was more likely to become mealy than Fuji apples during post-harvest storage.

Key words: texture profile analysis; apples; texture parameters; mealiness