

# 用物性分析仪检测鸭梨和京白梨果实采后质地的变化

高海生<sup>1</sup>, 贾艳茹<sup>1,2</sup>, 魏建梅<sup>2,\*</sup>, 冉辛拓<sup>2</sup>, 乐文全<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>河北科技师范学院食品科技学院, 河北昌黎 066600; <sup>2</sup>河北省农林科学院昌黎果树研究所, 河北昌黎 066600)

**摘要:** 采用物性分析仪测定鸭梨 (*Pyrus bretschneideri* Rehd. ‘Yali’) 和京白梨 (*Pyrus ussuriensis* Maxin. ‘Jingbaili’) 果实质地参数的变化, 分析其质地构成和变化特性。结果表明: 硬度、破裂力、弹性、咀嚼性、粘附性和内聚性参数可较好地评价梨果实质地构成和变化。鸭梨果实各质地参数值变化很小, 硬度与破裂力极显著正相关, 二者均与咀嚼性极显著正相关, 其它参数间的相关性均未达到显著水平。京白梨果实各质地参数值变化较大, 硬度与破裂力极显著正相关, 二者均与粘附性呈极显著负相关, 与弹性和咀嚼性显著正相关; 咀嚼性与粘附性亦显著正相关。硬度、破裂力、弹性和咀嚼性是评价质地的主要参数, 粘附性和内聚性则反映了质地的细微变化。

**关键词:** 梨; 果实; 软化; 质地特性; 物性分析仪

**中图分类号:** S 661.3

**文献标识码:** A

**文章编号:** 0513-353X (2012) 07-1359-06

## Studies on the Post-harvested Fruit Texture Changes of ‘Yali’ and ‘Jingbaili’ Pears by Using Texture Analyzer

GAO Hai-sheng<sup>1</sup>, JIA Yan-ru<sup>1,2</sup>, WEI Jian-mei<sup>2,\*</sup>, RAN Xin-tuo<sup>2</sup>, and YUE Wen-quan<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>College of Food Science and Technology, Hebei Normal University of Science and Technology, Changli, Hebei 066600, China; <sup>2</sup>Changli Fruit Institute, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Changli, Hebei 066600, China)

**Abstract:** To evaluate the formation and change of texture properties, fruit of *Pyrus bretschneideri* Rehd. ‘Yali’ and *Pyrus ussuriensis* Maxin. ‘Jingbaili’ were taken as the materials to determine the related-texture parameters by using Texture analyzer. The results showed that the texture-related parameters, such as fracture, springiness, chewiness, adhesiveness and cohesiveness, could be used to evaluate texture properties of pear fruit. For ‘Yali’ pear, the values of all texture-related parameters changed weakly. The hardness was positive correlation of 0.01 levels with fracture, and these two parameters were also 0.01 levels of positive correlation with chewiness. But no significant differences were observed on the other texture-related parameters. On the contrary, the value of each texture parameter showed a greater change in ‘Jingbaili’ pear fruit. Also, there was 0.01 level of positive relationship between the hardness and fracture. Both hardness and fracture had 0.05 level of negative relation with adhesiveness, while had significantly positive relationship with springiness and chewiness, and the

收稿日期: 2012-03-19; 修回日期: 2012-06-25

基金项目: 河北省博士专项基金项目 (2010055006); 国家现代梨产业技术体系项目 (CARS-29-23)

\* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: xbdwjm@126.com)

significant positive correlation was seen between chewiness and adhesiveness. All above results indicated that the hardness, fracture, springiness and chewiness can be used as the main index to evaluate fruit texture, while the parameters like adhesiveness and cohesiveness would response for the subtle texture changes.

**Key words:** *Pyrus*; fruit; softening; texture property; texture analyzer

果肉质是一个综合性状, 主要用于表示果实的组织状态和食用者的口感, 是最直观的感官因子 (Seymour et al., 2002; Jamila et al., 2007; Infante et al., 2009)。果实的许多感官指标, 如硬度、脆性、咀嚼性、汁液多少等均与质地密切相关 (Harker et al., 1997; Szczesniak, 2002; Predieri et al., 2006), 其中硬度是质的主要参数。传统上多采用果实硬度计测定硬度, 但测定结果往往受探头规格、测试者用力大小及贯入角度的偏差等因素影响。此外, 在质地其它指标的评价上也多凭人的口感和触觉来感知, 常用松脆、绵软、致密、软、硬、汁量多少等来形容, 主观性强, 评价差异大。

近年来许多食品的质地检测逐渐被自动化的物性分析仪所代替, 该方法能够根据食品自身特点选取测试探头并编辑特定运行程序, 模拟人的牙齿咀嚼食物, 能够同时测定硬度和其它相关质地参数, 避免了人为因子的干扰, 使评价结果更为客观 (李里特, 2001)。目前用物性分析仪测定果实质地变化的研究在许多果实, 如柑橘、香蕉、苹果、杨梅、枣等有应用 (Muramatsu et al., 1996; Kajuna et al., 1997; Alavrez et al., 2000; 姜松和王海鸥, 2004; 潘秀娟和屠康, 2005; 马庆华 等, 2011; 任朝晖 等, 2011), 能够从不同方面量化评价果实质地特性, 为果实质地品质的评价提供了更为准确客观的参数描述。

梨的种类和品种繁多, 果实质地差异很大。鸭梨 (*Pyrus bretschneideri* Rehd. 'Yali') 为白梨系统的优良品种, 果实贮藏过程中硬度变化不大, 果肉松脆多汁, 为典型的脆肉型果实。京白梨 (*Pyrus ussuriensis* Maxim. 'Jingbaili') 属秋子梨系统的软肉型品种, 采收时果实坚硬, 质粗汁少, 食用品质差, 须经后熟软化方能表现出细腻多汁、香甜适口的特有风味和质地。

本研究中旨在通过分析梨果实各质地参数的变化, 更具体客观地了解不同品种梨果实质地构成和变化规律, 为其货架期的判断和贮藏保鲜技术的改进提供科学依据, 并为果实质地评价提供新的方法。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 材料及其处理

鸭梨 (脆肉) 和京白梨 (软肉) 果实于 2011 年采自河北省昌黎县两山乡东张村果园。依据品种成熟期适时采收, 选取八九成熟、大小均匀、果皮颜色一致的无病、虫、伤的果实, 置 ( $20 \pm 1$ ) °C 室温下贮藏。鸭梨果实分别在贮藏 0、18、36 和 60 d 取样, 共 4 次; 京白梨果实每 3 d 取样 1 次, 共 7 次。每次随机取 5 个果实用于质地参数的测定。每个果实测定两个点, 重复 10 次。

### 1.2 果肉质分析

采用物性分析仪 (Food Technology Corporation, USA), 参考潘秀娟和屠康 (2005)、任朝晖等 (2011)、宋肖琴等 (2010) 的测定方法并加以改进。

将梨果实切半, 再于果实胴部的切线部位削皮, 使切面垂直于测试探头, 置于物性分析仪台上, 采用 P/2 针状探头 (直径 2 mm), 参数设置为: 预压速度  $2.0 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ , 下压速度  $1.0 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ , 压后

上行速度  $2.0 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ ，两次压缩中间停顿 5 s，样品受压变形为 10%，触发力 1.0 N。选取硬度、破裂力、粘附性、弹性、内聚性、咀嚼性等作为质地评价参数，这些参数可直接由物性分析仪计算机软件计算得出。

试验采用完全随机设计，每次测定重复 10 次，用 Excel 和 SPSS13.0 进行作图和数据分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 鸭梨和京白梨采后硬度和破裂力的变化

鸭梨和京白梨采后硬度变化趋势差异明显（图 1，A）。常温下鸭梨贮藏 60 d 其硬度变化很小，基本维持在采收时的水平；而京白梨果实采收时硬度大，约为鸭梨的 3 倍，但常温下贮藏其硬度迅速下降，9 d 后即低于鸭梨。果实的破裂力（样品出现折断时的力）变化趋势及两品种间的差异与硬度变化相一致（图 1，B）。

硬度与破裂力之间表现出极显著正相关（表 1）。这表明鸭梨和京白梨果实具有截然不同的后熟软化特性，在质地构成和变化特性上存在显著差异。

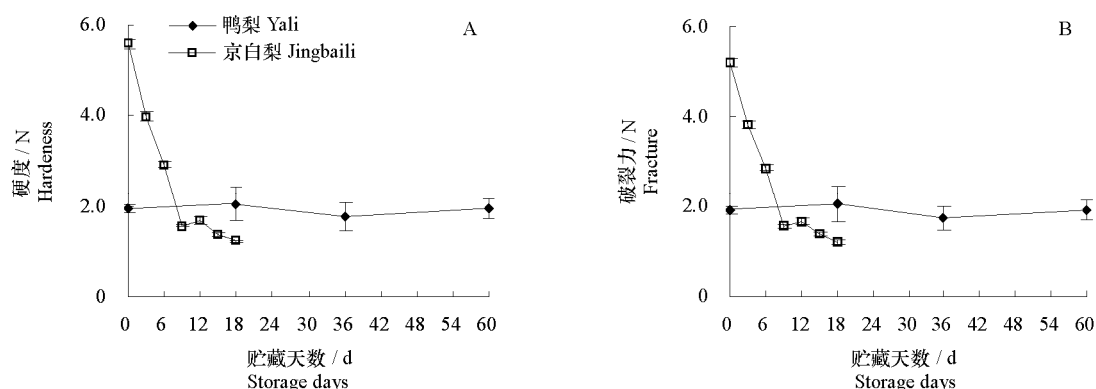


图 1 鸭梨和京白梨果实硬度和破裂力的变化

Fig. 1 Changes of hardness and fracture during fruit storage in Yali and Jingbaili pears

### 2.2 鸭梨和京白梨采后粘附性的变化

粘附性是指在咀嚼果实时，上腭、牙齿、舌头等克服果肉表面吸引力所需的能量。

由图 2 可知，鸭梨和京白梨果实粘附性的变化趋势存在显著差异。鸭梨果实粘附性较小，贮藏前期其粘附性显著增加，18 d 后逐渐下降至原有水平；而采后京白梨果实粘附性极显著增加，6 d 增加近 3 倍，之后又显著降低，12 d 后不再降低（但仍高于采收时的水平），在果实完全软化后又呈极显著的增加趋势。

### 2.3 鸭梨和京白梨采后内聚性的变化

内聚性是指果实抵抗牙齿咀嚼破坏而表现出来的内部收缩力，反映的是细胞间结合力的大小和果实保持完整性的能力。鸭梨和京白梨采后内聚性变化趋势不同（图 3）。在常温贮藏过程中，鸭梨果实内聚性参数值基本稳定；而京白梨在采后 9 d 内基本不变（尽管此期间其硬度呈明显下降趋势），9 d 后表现出逐渐增加的趋势。

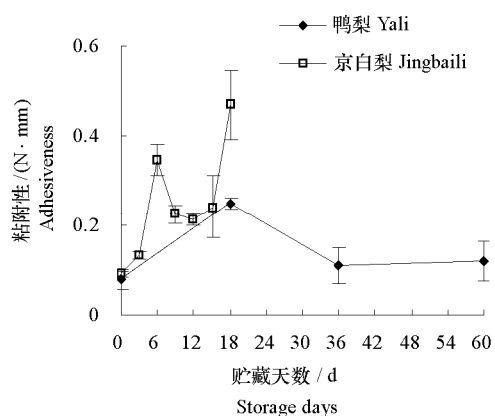


图 2 鸭梨和京白梨果实粘附性的变化

Fig. 2 Changes of adhesiveness during fruit storage in Yali and Jingbaili pears

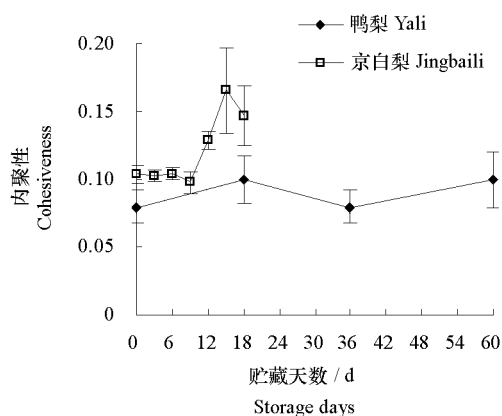


图 3 鸭梨和京白梨果实内聚性的变化

Fig. 3 Changes of cohesiveness during fruit storage in Yali and Jingbaili pears

## 2.4 鸭梨和京白梨采后弹性的变化

弹性是指果实受压，在去掉压力时恢复原状的能力。图 4 显示，采收时鸭梨和京白梨果实的弹性值均较低；在贮藏过程中，鸭梨果实的弹性值呈降低趋势，但变化幅度较京白梨小；而京白梨在采后 6 d 内变化不大，6 d 后开始明显增加，9 d 达高峰后迅速降低。

## 2.5 鸭梨和京白梨采后咀嚼性变化

咀嚼性为牙齿咀嚼果实样品时需要的能量，为硬度、内聚性和弹性的乘积，综合反映了果实对咀嚼的抵抗能力。图 5 表明，鸭梨果实的咀嚼性与其弹性变化相似，而京白梨果实在刚采收时最高，随着果实后熟软化呈显著降低趋势，但 6 d 后又出现一段增加的过程，12 d 达高峰后又迅速下降，但其值一直高于鸭梨。

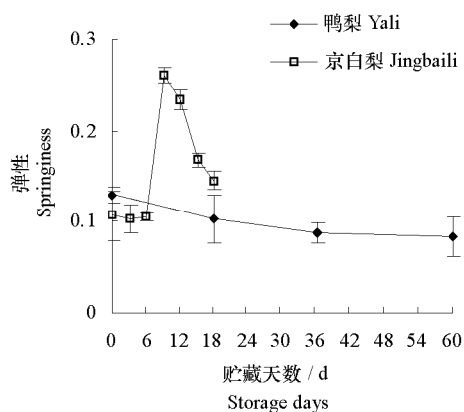


图 4 鸭梨和京白梨果实弹性的变化

Fig. 4 Changes of springiness during fruit storage in Yali and Jingbaili pears

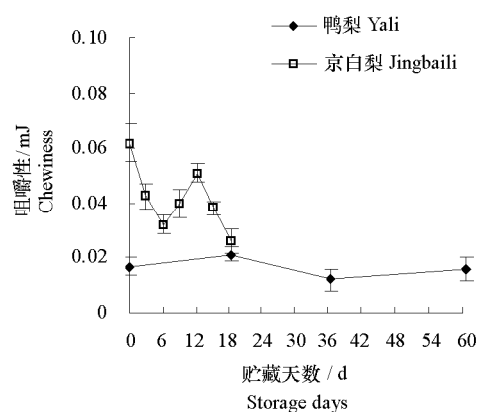


图 5 鸭梨和京白梨果实咀嚼性的变化

Fig. 5 Changes of chewiness during fruit storage in Yali and Jingbaili pears

## 2.6 鸭梨和京白梨采后各项质地参数间的相关性比较

由表 1 可知，鸭梨和京白梨果实的硬度与破裂力极显著正相关 ( $r$  分别为 0.9948<sup>\*\*</sup> 和 0.9996<sup>\*\*</sup>)，鸭梨果实这两个参数值变化均与咀嚼性极显著正相关 ( $r$  分别为 0.9856<sup>\*\*</sup> 和 0.9863<sup>\*\*</sup>)，其它参数间的相关性均未达到显著水平；而京白梨果实的硬度和破裂力与粘附性极显著负相关 ( $r$  分别为 -0.9991<sup>\*\*</sup> 和 -0.9992<sup>\*\*</sup>)，这两个参数均与弹性和咀嚼性显著负相关 ( $r$  分别为 -0.8186<sup>\*</sup>、-0.8304<sup>\*</sup>、0.7684<sup>\*</sup> 和 0.7538<sup>\*</sup>)，且咀嚼性和粘附性显著正相关 ( $r$  为 0.8668<sup>\*</sup>)，其它参数间的相关性不显著。此外，两品种果实硬度和破裂力与弹性、内聚性和粘附性之间呈现相反的线性相关关系。

表 1 鸭梨和京白梨果实质地多面分析 (TPA) 参数间的相关性分析

Table 1 Correlations analysis of textural parameters derived from TPA of Yali and Jingbaili pears

品种 Cultivar	质构参数 TAP parameters	硬度 Firmness	破裂力 Fracture	粘附性 Adhesiveness	内聚性 Cohesiveness	弹性 Springiness
鸭梨 Yali	破裂力 Fracture	0.9948 <sup>**</sup>				
	粘附性 Adhesiveness	0.6488	0.7012			
	内聚性 Cohesiveness	0.6268	0.6990	0.6829		
	弹性 Springiness	0.6180	0.5434	0.1919	0.2182	
	咀嚼性 Chewiness	0.9856 <sup>**</sup>	0.9863 <sup>**</sup>	0.7288	0.6211	0.6259
京白梨 Jingbaili	破裂力 Fracture	0.9996 <sup>**</sup>				
	粘附性 Adhesiveness	-0.9991 <sup>**</sup>	-0.9992 <sup>**</sup>			
	内聚性 Cohesiveness	-0.6004	-0.6102	0.3939		
	弹性 Springiness	-0.8186 <sup>*</sup>	-0.8304 <sup>*</sup>	0.1615	0.3195	
	咀嚼性 Chewiness	0.7684 <sup>*</sup>	0.7538 <sup>*</sup>	0.8668 <sup>*</sup>	-0.3529	-0.2663

注：\* 表示  $P < 0.05$  显著水平，\*\* 表示  $P < 0.01$  极显著水平。

Note: \*\* and \* indicate significant linear correlation of 0.05 and 0.01 levels, respectively.

## 3 讨论

本试验中，鸭梨和京白梨果实在质构参数变化上呈现出显著的差异，说明两品种间质地构成和变化特性存在较大差异。硬度和破裂力参数均反映了果实质地的坚实程度，在两个品种中这两个数值相近且变化趋势基本一致，而且相关性分析中二者存在极显著正相关关系。但是，从这两个参数的定义来看，果实的破裂力在一定程度上表达了果实的脆性，只是果肉脆性的表现与果肉应力松弛特性有关，在对果肉施加压力时，果肉初期变形很小时就产生断裂或破碎，表现出来的脆性就大 (Alvarez et al., 2000)。因此，不能简单地将硬度和破裂力相互替代，也不能直观地依据破裂力的大小来表征果肉脆性大小，破裂力参数值只有在一定范围内，才表示果肉的脆性良好，否则只表示果肉的坚实程度。

除了硬度和破裂力参数外，在其它质地参数的变化上鸭梨和京白梨果实间亦存在显著差异。在贮藏过程中，鸭梨果实粘附性、内聚性、弹性和咀嚼性的参数值均变化不大，但咀嚼性参数值的变化与硬度和破裂力间极显著正相关，说明咀嚼性参数在鸭梨果实质地评价中占有重要地位。而京白梨果实各质地参数值的变化较大，硬度和破裂力均与粘附性、弹性呈显著或极显著的负相关，与咀嚼性显著正相关，咀嚼性与粘附性亦达到显著的正相关水平。这表明，破裂力、弹性、咀嚼性、粘附性和内聚性能够较好地反映出品种间质地构成的差异，而品种间比较结果表明，破裂力、弹性和咀嚼性是果实质地变化的主要评价指标，粘附性和内聚性则可能反映了果实质地的细微变化。

京白梨果实后熟过程中，弹性和咀嚼性参数值在果实已经软化后表现出一段逐渐上升的过程，而后下降，这一结论似乎与果实不断软化的结果相悖。笔者认为可能是由于常温下京白梨代谢旺盛，果实失水较多，果肉刚由硬质转变到溶质时，果肉的弹性反倒增加，这可能是由于京白梨果实石细

胞含量较多(曹玉芬等, 2010), 果实软化后石细胞大量解离出来, 增加了牙齿咀嚼果肉的阻力, 使测得的咀嚼性参数值增大。而到果实完熟后, 其内聚性的下降迟于弹性和咀嚼性, 这似乎与果实软化后细胞间结合力松弛、细胞离散的现象相矛盾, 其确切原因尚需进一步探讨。再有, 表 1 中结果显示, 两品种果实硬度和破裂力与粘附性、内聚性和弹性之间呈现出相反的线性相关关系, 表明这几个质地参数在鸭梨和京白梨果实质地变化中的作用不同, 也说明梨果实质地品质形成和评价的复杂性, 各质地参数变化与梨果实品质(如可溶性固形物、石细胞含量、果胶含量以及纤维素含量等)之间存在何种关系还需要深入分析。

## References

- Alvarez M D, Saunders D E J, Vincent J F V. 2000. Fracture properties of stored fresh and osmotically manipulated apple tissue. *Eur Food Res Technol*, 211: 284 - 290.
- Cao Yu-fen, Tian Lu-ming, Li Liu-lin, Gao Yuan. 2010. Comparison studies on the stone cell content in flesh of pear cultivars. *Acta Horticulturae Sinica*, 37(8): 1220 - 1226. (in Chinese)
- 曹玉芬, 田路明, 李六林, 高 源. 2010. 梨品种果肉石细胞含量比较研究. *园艺学报*, 37 (8): 1220 - 1226.
- Harker F R, Redgwell R J, Hallett I C, Murray S H, Carter G. 1997. Texture of fresh fruit. *Horticultural Reviews*, 20: 121 - 224.
- Infante R, Meneses C, Crisosto C H. 2009. Preconditioning treatment maintains taste characteristic perception of ripe 'September Sun' peach following cold storage. *Int J Food Sci Tech*, 44: 1011 - 1016.
- Jamila C, Marie-Francoise D, Marie-Ghislaine G, Karine R, Mathilde C, Marc L, Isabelle M. 2007. Physiological relationships among physical, sensory, and morphological attributes of texture in tomato fruit. *Journal of Experimental Botany*, 58 (8): 1915 - 1925.
- Jiang Song, Wang Hai-ou. 2004. TPA and effect of experimental conditions on TPA test of apple slices. *Food Science*, 25 (12): 68 - 71. (in Chinese)
- 姜 松, 王海鸥. 2004. TPA 质构分析及测试条件对苹果 TPA 质构分析的影响. *食品科学*, 25 (12): 68 - 71.
- Kajuna S, Bilanski W, Mittal G S. 1997. Textural changes of banana and plantain pulp during ripening. *J Sci Food Agric*, 75: 244 - 250.
- Li Li-te. 2001. Physical properties of foods. Beijing: China Agriculture Press: 112 - 115. (in Chinese)
- 李里特. 2001. 食品物性学. 北京: 中国农业出版社: 112 - 115.
- Ma Qing-hua, Wang Gui-xi, Liang Li-song. 2011. Establishment of the detecting method on the fruit texture of Dongzao by puncture test. *Scientia Agricultura Sinica*, 44 (6): 1210 - 1217. (in Chinese)
- 马庆华, 王贵禧, 梁丽松. 2011. 质构仪穿刺试验检测冬枣质地品质方法的建立. *中国农业科学*, 44 (6): 1210 - 1217.
- Muramatsu N, Takahara T, Kojima K. 1996. Relationship between texture and cell wall polysaccharides of fruit flesh in various species of citrus. *Hortscience*, 31 (1): 114 - 116.
- Pan Xiu-juan, Tu Kang. 2005. Comparison of texture properties of postharvested apples using texture profile analysis. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 21 (3): 166 - 170. (in Chinese)
- 潘秀娟, 屠 康. 2005. 质构仪质地多面分析 (TPA) 方法对苹果采后质地变化的检测. *农业工程学报*, 21 (3): 166 - 170.
- Predieri S, Ragazzini P, Rondelli R. 2006. Sensory evaluation and peach fruit quality. *Acta Horticulturae*, 713: 429 - 434.
- Ren Zhao-hui, Zhang Kun-ming, Li Zhi-wen, Nong Shao-zhuang, Zhang Ping. 2011. Study on the evaluation of texture parameters of grape berry during storage by using texture profile analysis. *Science and Technology of Food Industry*, 32 (7): 375 - 378. (in Chinese)
- 任朝晖, 张昆明, 李志文, 农绍庄, 张 平. 2011. 质地多面分析 (TPA) 法评价葡萄贮藏期间果肉质地参数的研究. *食品工业科技*, 32 (7): 375 - 378.
- Seymour G B, Manning K, Eriksson E M, Popovich A H, King G J. 2002. Genetic identification and genomic organization of factors affecting fruit texture. *Journal of Experimental Botany*, 53: 2065 - 2071.
- Song Xiao-qin, Zhang Bo, Xu Chang-jie, Zhang Jiu-kai, Li Xian, Chen Kun-song. 2010. Texture profile analysis of postharvest loquat fruit. *Journal of Fruit Science*, 27 (3): 379 - 384. (in Chinese)
- 宋肖琴, 张 波, 徐昌杰, 张九凯, 李 鲜, 陈昆松. 2010. 采后枇杷果实的质构变化研究. *果树学报*, 27 (3): 379 - 384.
- Szczesniak A S. 2002. Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*, 13: 215 - 225.