

“寒富”苹果贮藏期果实解剖结构及品质变化研究

刘国成, 马怀宇, 吕德国, 秦嗣军, 杜国栋, 王 浩

(沈阳农业大学 园艺学院, 辽宁 沈阳 110866)

摘 要:对“寒富”、“东光”和“富士”苹果贮藏期间果实解剖结构及相关生理指标进行研究。结果表明:“寒富”苹果果实硬度变化幅度较小, 稳定在 14 kg/cm² 左右; 角质层较厚; 果皮果肉细胞较小, 排列比较紧密, 细胞层数较多; 随着贮藏时间的延长, 果肉细胞的变化相对较小, 说明“寒富”苹果较耐贮藏。随着贮藏时间的延长, “寒富”、“东光”和“富士”苹果果实的硬度、可溶性糖含量和淀粉含量均下降; “寒富”和“富士”果实有机酸含量没有明显变化, “东光”果实有机酸含量下降明显。“寒富”和“富士”果实糖酸比值呈下降趋势, “东光”则呈上升趋势。综合性状评价表明, “寒富”苹果是耐贮藏的苹果品种, 且贮藏过程对品质影响不大。

关键词:“寒富”苹果; 品质; 贮藏; 解剖结构

中图分类号:S 661.109⁺.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)15-0001-04

“寒富”苹果是以“东光”苹果为母本, “富士”苹果为父本, 杂交育成的抗寒、晚熟、优质大果型苹果品种, 1997 年通过品种审定。目前除辽宁省大面积栽培外, 还扩大到吉林、黑龙江、内蒙古南部, 河北、山西北部, 甘肃张掖、新疆伊犁等地也有试栽, 全国推广面积达 7 万 hm² 左右, 目前开发推广区域还在不断扩大。苹果大部分品种在贮藏过程中表现为硬度明显下降, 有机酸含量下降导致糖酸比上升而使长期贮藏后品质变劣。而“寒富”苹果果实自采收到贮藏过程中品质感官表现为硬度变化不大, 酸度无变化, 果实切片和制汁后褐变程度低, 贮后品质变化不大。该试验旨在研究“寒富”苹果在贮藏过程中果肉组织结构和品质的动态变化, 并对“寒富”苹果与其亲本“东光”、“富士”贮藏性进行综合比较评价, 为果品鲜贮及制干、制汁等加工性状研究提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试苹果品种为“寒富”、“东光”和“富士”。

1.2 试验方法

试验在沈阳农业大学果树试验基地进行, 于果实生理成熟期随机采摘树冠外围同一方向, 果实大小一致, 无病虫害和机械伤害的果实各 100 个, 放在温度 2℃ 条件下, 相对湿度 95% 的冷柜中恒温贮藏。贮藏前取样 1 次 (贮藏 0 d), 贮藏后每隔 30 d 取样 1 次, 共取样 7 次。每

次对每个品种的 15 个果实相同部位进行硬度、可溶性固性物、淀粉、糖酸比等生理指标的测定, 并于贮藏前、贮藏 90 d 和贮藏 180 d 切取果实中部果皮及外果肉经 FAA 固定液中保存, 用于解剖学观察。

1.3 项目测定

硬度用手持式硬度计测量, 可溶性固形物含量用 WYT-1 型折光仪测量, 淀粉含量采用高氯酸水解, 然后采用蒽酮法测定, 总糖含量采用蒽酮法测定, 有机酸采用 0.1 mol/L NaOH 中和滴定, 结果以苹果酸计。

2 结果与分析

2.1 生理指标的变化

2.1.1 硬度变化 由表 1 可知, 在刚采摘时 3 个苹果品种硬度最大的为“东光”, 最小的为“富士”; 在冰箱中 2℃ 恒温保存条件下, 贮藏 180 d 后, 硬度最大的为“寒富”, 最小的为“东光”。硬度变化最大的是“东光”, 其次是“富士”, 而“寒富”的变化幅度最小。就贮存时期而言, 3 个供试苹果品种的硬度均随贮存时间的延长而下降。

表 1 不同贮存时期果实硬度的比较

Table 1 The compare of the fruit hardness for the different time stored kg/cm²

品种	时间 Time						
Cultivar	0 d	30 d	60 d	90 d	120 d	150 d	180 d
“寒富”‘Hanfu’	14.3	14.3	14.1	14.0	13.9	13.7	13.6
“东光”‘Dongguang’	14.6	14.3	13.5	12.2	12.0	11.7	11.4
“富士”‘Fuji’	14.0	14.0	13.8	13.5	13.3	13.3	13.2

2.1.2 可溶性固形物变化 由表 2 可知, 贮藏前“富士”果实的可溶性固形物含量最高, 达到 16.2%; “东光”居中; “寒富”最低。在贮藏期间, 3 个品种的可溶性固形物含量均随贮藏时间的延长而下降; 贮藏 180 d 后“富士”

第一作者简介: 刘国成(1954-), 男, 本科, 研究员, 现主要从事果树栽培生理与生态研究工作。E-mail: liuguocheng2000@sina.com.

基金项目: 沈阳市科技攻关资助项目(1071154-3-00); 国家农业产业技术体系-苹果专项资助项目(nycytx-08-03-05)。

收稿日期: 2012-03-29

果实的可溶性固形物含量仍为最高,“寒富”居中,“东光”最低。其中“东光”果实可溶性固形物含量的变化幅度最大,从13.2%降到8.6%,下降了4.6%;“寒富”和“富士”苹果可溶性固形物含量分别下降了1%和1.3%。

表2 不同贮存时期果实可溶性固形物的比较

Table 2 The compare of soluble solids content of the fruit for the different time stored %

品种 Cultivar	0 d	30 d	60 d	90 d	120 d	150 d	180 d
“寒富” ‘Hanfu’	12.8	12.8	12.8	12.7	12.5	12.0	11.8
“东光” ‘Dongguang’	13.2	13.0	11.8	9.3	9.0	8.8	8.6
“富士” ‘Fuji’	16.2	16.1	16.0	16.0	15.8	15.3	14.9

2.1.3 淀粉含量的变化 3个品种果实中淀粉含量的最大值出现在刚采摘后,随着贮藏时间的延长,淀粉含量逐渐减少。同一时期3个品种之间比较可以看出,“东光”果实淀粉含量最高,变化幅度较大,从贮藏前的4.70%下降到3.12%，“寒富”果实淀粉含量最低变化幅度较小,从3.72%下降到2.53%，“富士”果实淀粉含量居中(图1)。

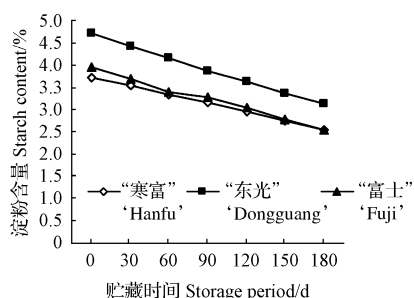


图1 贮藏期间果实中淀粉含量的变化

Fig. 1 Change of starch contents in fruit during storage period

2.1.4 可溶性糖含量的变化 糖作为呼吸作用的底物,在贮藏过程中被逐渐消耗。因此贮藏过程中糖含量的变化幅度在一定程度上反映了果实呼吸作用的强弱。3个品种果实中可溶性糖含量均在刚采摘时最高,随着贮藏时间的延长,糖含量逐渐减少,呈缓慢下降的趋势。该试验中,“富士”苹果在贮藏期间糖含量变化幅度最大,从贮藏前的12.54%下降到9.13%,降低了3.41%。其次是“东光”,从贮藏前的10.61%下降到7.62%,降低了2.99%。“寒富”果实糖含量变化幅度最小,只降低了2.24%。表明贮藏期间“富士”果实呼吸作用最强,“寒富”果实呼吸作用较弱(图2)。

2.1.5 有机酸含量的变化 刚采摘时,“东光”果实有机酸含量最高,为0.60%,贮藏90 d后,“东光”果实有机酸含量降低较快,贮藏180 d后下降到0.34%;刚采摘时,“富士”和“寒富”果实有机酸含量相同,贮藏过程中“寒富”果实没有明显变化,贮藏180 d后,“富士”果实有机酸含量略有减少(图3)。

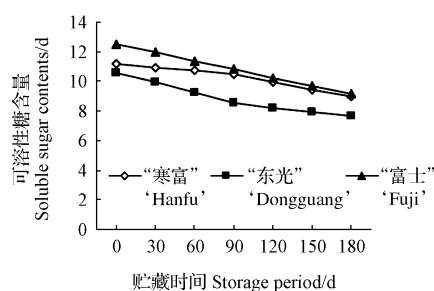


图2 贮藏期间果实中可溶性糖含量的变化

Fig. 2 Change of soluble sugar contents in fruit during storage period

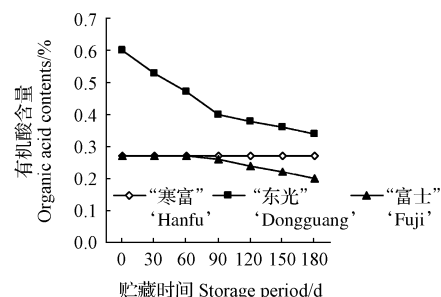


图3 贮藏期间果实中有机酸含量的变化

Fig. 3 Change of organic acids contents in fruit during storage period

2.1.6 糖酸比变化 糖酸比在一定程度上反映了果实的风味,在贮藏期间果实糖酸比的变化可以作为判断耐贮性的一个指标。“富士”和“寒富”果实糖酸比值均是刚采摘时最大,随着贮藏时间的延长,比值呈下降趋势。而“东光”果实糖酸比值从刚采摘时的17.68,随着贮藏时间的延长,比值呈上升趋势,180 d后达22.41,整体变化趋势正好与“寒富”相反(图4)。随着贮藏时间的变化,“富士”果实的可溶性糖含量一直下降,而酸度到60 d时开始下降,糖酸比则表现为先下降而后上升的趋势。

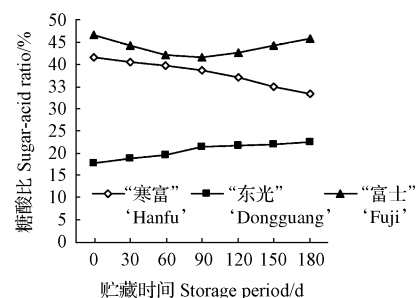


图4 贮藏期间果实中糖酸比的变化

Fig. 4 Change of sugar-acid ratio in fruit during storage period

2.2 果皮果肉解剖结构观察

2.2.1 果皮组织结构观察 观察3个品种角质层结构发现,“寒富”果皮角质层最厚,其厚度为24.40 μm,但表面不平整,沿着表皮细胞表面呈波状起伏,且断口较多;

“富士”果皮角质层表面较为平整,断口较少;“东光”果皮角质层最薄,其厚度为 12.20 μm ,表面不平整,断口较多。随着贮藏时间的延长,3 个品种果皮角质层的厚度均呈下降趋势。说明在贮藏过程中角质层逐渐被分解。刚采摘果实的果皮较厚,细胞粗、短,排列紧密;贮藏 90 d 后的果皮变薄,细胞细长,排列疏松;贮藏 180 d 后细胞变化更加明显。说明随着贮藏时间的延长,3 个品种的果皮细胞逐渐变薄,细胞间连接变得疏松,细胞间隙增大,使得果皮组织通透性增强。3 个品种之间相比较而言,“寒富”苹果果皮细胞比较粗短,排列紧密,随着贮藏时间的延长细胞变化幅度相对较小。“富士”和“东光”苹果果皮细胞比较细长,排列相对疏松,随着贮藏时间的延长细胞变化幅度比较大。

表 3 不同贮存时期角质层厚度的比较

Table 3 The compare of the thickness of cutin for the different time stored μm

品种 Cultivar	0 d	90 d	180 d
“寒富”‘Hanfu’	24.40	18.30	13.42
“东光”‘Dongguang’	12.20	9.76	7.32
“富士”‘Fuji’	18.30	15.86	10.78

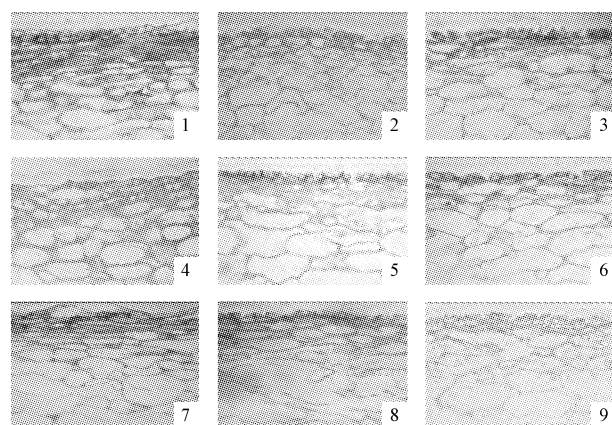


图 5 “寒富”苹果及其亲本系品种贮藏期间
果肉结构变化(40×10)

注:1. “寒富”(0 d); 2. “东光”(0 d); 3. “富士”(0 d); 4. “寒富”(90 d); 5. “东光”(90 d); 6. “富士”(90 d); 7. “寒富”(180 d); 8. “东光”(180 d); 9. “富士”(180 d)。

Fig. 5 Change of the pericarp structure in Hanfu apple and its parents during storage period(40×10)

Note: 1. ‘Hanfu’ (0 day); 2. ‘Dongguang’ (0 day); 3. ‘Fuji’ (0 day); 4. ‘Hanfu’ (90 day); 5. ‘Dongguang’ (90 day); 6. ‘Fuji’ (90 day); 7. ‘Hanfu’ (180 day); 8. ‘Dongguang’ (180 day); 9. ‘Fuji’ (180 day).

2.2.2 果肉组织结构观察 刚采摘果实的外层和内层果肉细胞层数较多,排列紧密,细胞较小;贮藏 90 d 后的果实外层和内层果肉细胞数目减少,排列疏松,部分细胞崩溃;贮藏 180 d 后变化更加明显。说明随着贮藏时间的延长,外层和内层果肉细胞发生一定的变化,其排列疏松,细胞大部崩溃。3 个品种之间相比较而言,“寒

富”苹果的果肉细胞较小,排列比较紧密,细胞层数较多;随着贮藏时间的延长果肉细胞的变化相对较小。

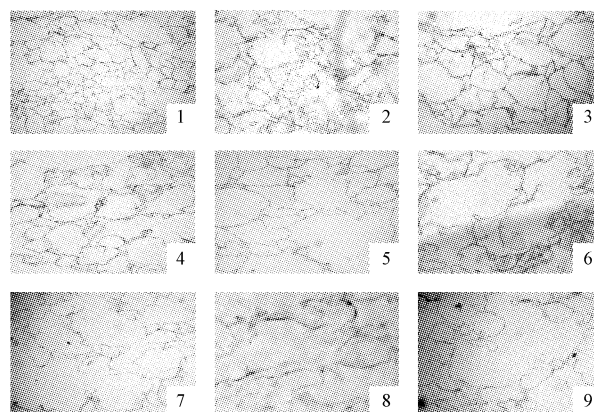


图 6 “寒富”苹果及其亲本系品种贮藏期间
果肉结构变化(40×10)

注:1. “寒富”(0 d); 2. “东光”(0 d); 3. “富士”(0 d); 4. “寒富”(90 d); 5. “东光”(90 d); 6. “富士”(90 d); 7. “寒富”(180 d); 8. “东光”(180 d); 9. “富士”(180 d)。

Fig. 6 Change of the pericarp structure in ‘Hanfu’ apple and its parents during storage period(40×10)

Note: 1. ‘Hanfu’ (0 day); 2. ‘Dongguang’ (0 day); 3. ‘Fuji’ (0 day); 4. ‘Hanfu’ (90 day); 5. ‘Dongguang’ (90 day); 6. ‘Fuji’ (90 day); 7. ‘Hanfu’ (180 day); 8. ‘Dongguang’ (180 day); 9. ‘Fuji’ (180 day).

3 结论与讨论

3.1 贮藏过程中生理指标的变化

随着贮藏时间的延长,3 个苹果品种果实的硬度、可溶性糖含量和淀粉含量均下降。“寒富”苹果的上述 3 个指标变化幅度最小,“富士”苹果居中,“东光”苹果最大。由此认为,“寒富”苹果耐贮性优于其亲本系品种“富士”和“东光”苹果。

硬度是衡量苹果耐贮性和品质的重要指标之一,一般而言,高硬度有利于贮存。该试验中,3 个品种的果实硬度均随着贮存时间的延长而下降,这与前人的研究结果一致^[1-2]。但在贮存过程中硬度变化程度有明显的差异。“寒富”苹果果实硬度变化幅度很小;“富士”苹果硬度变化幅度则较大,说明“寒富”苹果果实的耐贮性要优于“富士”苹果果实。

糖和淀粉是植物组织中重要的贮藏物质,一定条件下淀粉能够转化为糖,且糖是苹果中最主要的呼吸底物之一。该试验中,3 个品种果实中的淀粉含量随着贮藏时间的延长逐渐减少,这与赵家驷等^[3]的研究结果一致。糖含量也随着贮藏时间的延长呈缓慢下降的趋势。该研究发现,“富士”苹果果实糖含量的下降幅度明显大于“寒富”苹果果实,这在一定程度上说明贮存期间“富士”果实呼吸强度大于“寒富”苹果果实,即“寒富”苹果果实具有更好的贮藏性。

果实中有机酸含量的减少使 pH 向碱性方向移动,

诱发多酚氧化酶的活性,引起果实褐变发生^[4-5]。该试验中“寒富”和“富士”苹果果实有机酸含量基本保持不变,这与刘冠民等^[6]的研究结果一致;但“东光”苹果果实有机酸含量在贮藏过程中明显减少。这解释了在贮藏过程中“东光”苹果果实比“寒富”和“富士”苹果果实容易变褐的原因。

3.2 果皮果肉组织结构与耐贮性的关系

该研究结果表明,“寒富”苹果果皮角质层较厚,果皮、果肉细胞较短小,排列比较紧密,细胞层数较多,且随着贮藏时间的延长果肉细胞的变化相对较小,是“寒富”苹果果实耐贮藏的解剖学证据。

果实采后贮藏过程中,果实的组织结构对果实耐贮性有一定的影响。梅特利茨基认为,果实中气体交换主要通过角质层,而不是通过皮孔。角质层在果实发育特别是贮藏期间,能防止果实水分的过分散失,减少果皮内外的气体交流,从而抑制果实呼吸作用的进行^[7]。此外,角质层也可以防止病菌的侵入,减少果实贮藏期病害的发生,延长果实的贮藏时间^[8]。前人在对苹果、梨的果皮、果肉结构与耐贮藏性关系的研究中发现,耐贮藏品种的角质层较厚,而不耐贮藏品种角质层较薄。而果皮、果肉细胞较小,排列比较紧密,细胞层数较多的结构对贮藏有利^[9-10]。该试验结果表明,“寒富”苹果的角质层较厚,“富士”苹果角质层较薄;“寒富”苹果的果皮细胞和果肉细胞较小,排列比较紧密,细胞层数较多,且随着贮藏时间的延长果肉细胞的变化相对较小;而“富士”苹果的果皮细胞和果肉细胞比较细长,排列相对疏松,随着贮藏时间的延长细胞变化幅度比较大。“富士”苹果果皮、果肉细胞的这种结构易造成果实贮藏期间失水增多,从而引起生理活性的紊乱。果实呼吸作用加强,

细胞内储存物质过度消耗,最终导致苹果果实硬度下降、耐贮性降低等一系列不利于果实贮藏的变化。从该试验结果来看,认为“寒富”苹果果实耐贮性强于“富士”苹果。苹果果面光洁度与角质膜外表的均匀一致性有密切关系^[11-12],由此看来,“寒富”苹果角质层不平整、断口比较多可能是造成果实表面不平整,果点较多的一个重要原因。

参考文献

- [1] 刘全宏,肖娅萍,王孝安.自然贮存条件下苹果的营养成分分析[J].西北植物学报,2001,21(4):668-672.
- [2] 鲁玉妙,高华,赵政阳,等.粉红女士苹果品质特性分析评价[J].果树学报,2003,20(6):503-505.
- [3] 赵家驷,王西玲.苹果贮藏过程中果实内含物质变化的研究[J].中国果品研究,1990(3):1-4.
- [4] 章文才.现代果品防腐保鲜、贮藏、运销、加工研究的进展[J].果树科学,1985(1):1-13.
- [5] 王慧,阿地力.葡萄贮藏中有机酸代谢与果实褐变的关系[J].干旱区研究,1992,9(4):68-71.
- [6] 刘冠民,金阳海,王雅娟,等.春华李贮藏性能初探[J].湖南农学院学报,1993,19(6):574-579.
- [7] 梅特利茨基(苏).水果、蔬菜生物化学基础[M].北京:科学出版社,1989:13-15.
- [8] 中川昌一.果实园艺原论[M].曾骧等,译.北京:农业出版社,1982:352.
- [9] 宫美英,张风敏.苹果果皮构造与耐藏性关系的研究[J].山西果树,1988(2):4-5.
- [10] 张华云,王善广.梨果实贮藏性与果实组织结构关系的研究[J].莱阳农学院学报,1991,8(4):276-279.
- [11] 魏钦平,叶宝兴,张继祥,等.不同生态区乔纳金苹果果皮解剖结构的特征与差异[J].山东农业大学学报(自然科学版),2003,34(2):163-167.
- [12] 邓继光,刘国成,李进辉,等.苹果品种果实组织结构研究[J].果树科学,1995,12(2):71-74.

Research on the Change of ‘Hanfu’ Apple Fruit Anatomic Structure and Quality During Storage

LIU Guo-cheng, MA Huai-yu, LV De-guo, QIN Si-jun, DU Guo-dong, WANG Hao
(College of Horticulture, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110866)

Abstract: ‘Hanfu’ apple, ‘Dongguang’ apple and ‘Fuji’ apple were used as material to study fruit anatomic structure and correlative physiological reaction during the period of storage. The results showed that compared with ‘Dongguang’ apple and ‘Fuji’ apple, the change of ‘Hanfu’ fruit hardness was relative small which was 14 kg/cm² or so during the period of storage, fruit surface cuticle was rather thick, and pericarp cells with more layers was relative small, arranged closely. The variance of fruit cells was relative small with the extending of storage time. All those indexes indicated that ‘Hanfu’ apple had better storability. Fruit hardness, soluble sugar content and starch content of three apple cultivars displayed the trend of decrease during the period of storage. The organic acid content of ‘Hanfu’ apple and ‘Fuji’ apple had no obvious variance, while the organic acid content in ‘Dongguang’ apple decreased markedly. The ratio of sugar to acid in ‘Hanfu’ apple and ‘Fuji’ apple presented the tendency of decrease, which in ‘Dongguang’ apple had the reverse change tendency. In conclusion, ‘Hanfu’ apple was a storable cultivar and the storage process had little effect on fruit quality.

Key words: ‘Hanfu’ apple; quality; storage; anatomic structure