

# 贮藏温度对藤牧 1 号苹果果实保鲜效果影响研究

李宏建<sup>1</sup>, 李宝江<sup>1</sup>, 伊凯<sup>2</sup>, 刘志<sup>2</sup>, 金钊<sup>2</sup>

(1. 沈阳农业大学 园艺学院, 辽宁 沈阳 110164; 2. 辽宁省果树科学研究所, 辽宁 熊岳 115009)

**摘要:**以藤牧 1 号苹果果实为试材, 研究了贮藏温度对果实酶活性及理化性状的影响。结果表明: 20℃和 5℃温度条件下果实纤维素酶、PG、LOX、淀粉酶活性变化均表现前期逐渐增加, 出现峰值后逐渐下降的变化趋势。20℃条件贮藏的果实不但纤维素酶、PG、LOX、淀粉酶活性始终高于 5℃条件的果实, 酶活性峰值出现时间也较早。果实贮藏期间, 果肉原果胶含量逐渐降低, 可溶性果胶含量逐渐增加, 纤维素含量逐渐下降。20℃条件贮藏的果实的纤维素和果胶物质的含量变化率均高于 5℃条件贮藏的果实。随着果实中纤维素和果胶物质的变化, 果实逐渐软化, 果肉硬度降低, 失重率增加, 品质下降。

**关键词:** 苹果; 贮藏条件; 果实品质; 酶活性

中图分类号: S 661. 109<sup>+</sup>. 3 文献标识码: A 文章编号: 1001—0009(2009)08—0239—04

苹果是世界四大水果之一, 也是我国栽培面积最大、产量最高的果树。目前我国苹果生产中最突出的问题是品种结构不合理, 中、晚熟和晚熟品种的比例过大, 而早熟和中熟品种比重过小, 导致 7~8 月份水果市场苹果奇缺, 不能满足消费者的需求。这主要是由于早熟品种果实生长期短、采收期气温高, 进而导致早熟苹果产量低、品质差、货架寿命较短, 阻碍了苹果生产的健康发展。早熟苹果品种藤牧 1 号在辽宁营口地区 7 月中、下旬成熟, 丰产性强, 品质好, 深受生产和消费者喜爱。目前有关苹果采后生理和耐贮性方面的研究多以晚熟苹果为主, 早熟品种研究较少, 试验以藤牧 1 号苹果为试材, 研究了贮藏过程中环境条件和相关酶活性对果实软化的影响, 探讨了早熟苹果采后品质变化的规律, 为采取必要的技术措施保持果实品质, 延长货架贮藏寿命提供了理论和试验依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

试验于 2008 年在辽宁省果树科学研究所进行。以藤牧 1 号苹果为试材, 试验果实于 7 月下旬采收, 采后筛选大小均匀、成熟度一致、无机械损伤和病虫害的果实, 分别放于 5℃冷库和 20℃室内贮藏 3 周, 以探讨不同温度对早熟苹果货架寿命的影响。试验期间每 3 d 取样测定 1 次, 每次各取 8~10 个果, 检测重复 3 次。

第一作者简介: 李宏建(1982-), 男, 在读硕士, 现主要从事果树种质资源与遗传育种研究工作。E-mail: 5lihongjian@163.com。  
通讯作者: 李宝江(1952-), 男, 教授, 现从事果树遗传育种的科学与科研工作。E-mail: libaojiang@hotmail.com。  
收稿日期: 2009—03—10

### 1.2 方法

1.2.1 理化指标测定 果实硬度采用 GY-1 型硬度计测定, 每次随机选取 5 个果实, 取果实酮部的对称四点去皮测定果实硬度, 计算平均值, 单位为 kg/cm<sup>2</sup>; 可溶性固型物测定, 取果实的酮部对角线方向两点的果肉, 用 DR-103 型电子糖量仪测定可溶性固型物含量(%); 果实失重率采用重量法测定, 取定量果实贮藏期间, 定期测定果实重量, 果实失重率(%)=(贮藏前质量-贮藏后质量)/贮藏前质量×100%; 果胶物质(原果胶和可溶性果胶含量)采用咔唑比色法<sup>[1]</sup>测定; 纤维素含量参考韩雅珊<sup>[2]</sup>的重量法测定; 各理化指标变异率=(采收测定值-贮藏后测定值)/采收测定值×100%。

1.2.2 相关酶活性测定 纤维素酶活性的测定采用 3, 5-二硝基水杨酸法(DNS)测定, 以 1 h 由底物生成 1 mol 葡萄糖所需的酶量作为 1 个酶活力单位表示纤维素酶的活性。半乳糖醛酸酶(PG)活性测定采用薛应龙<sup>[3]</sup>介绍的方法, 以 1 h 酶催化果胶分解生成 1 mmol/L 的游离半乳糖醛酸作为 1 个酶活力单位表示半乳糖醛酸酶的活性。淀粉酶活性测定采用韩雅珊<sup>[2]</sup>介绍的方法测定, 以 1 min 内 1 g 鲜重果肉所含麦芽糖毫克数表示淀粉酶的活性。脂氧合酶活性(LOX)的测定, 底物制备参照 Surrey<sup>[3]</sup>的方法; 酶活性测定参照陈昆松<sup>[4]</sup>等方法。反应在 25℃下进行, 3 mL 反应体系中加入 2.575 mL pH 6.0 磷酸-柠檬酸缓冲液, 0.025 mL 亚油酸溶液, 0.4 mL 粗酶液, 加酶液开始计时, 记录 2 min 内 A<sub>234</sub> 的变化。结果以在测定条件下 1 min 引起吸光值 A<sub>234</sub> 变化 0.001 为 1 个的酶活单位。

## 2 结果与分析

### 2.1 苹果贮藏期间果实理化特性变化趋势分析

表 1 列出了藤牧 1 号苹果贮藏期间果实理化性状变化的调查结果。可以看出,在贮藏过程中果实的失重率呈上升趋势,20℃条件下贮藏的果实的失重率始终略高于 5℃条件下的果实,到贮藏结束时,20℃条件下贮藏的果实失重率为 5.83%,5℃条件下失重率为 3.64%,相差 1.6 倍,方差分析表明(表 2),相互间存在极显著差异。在果实贮藏过程中,果实硬度呈逐渐下降的趋势,20℃条件下的果实在贮后 3 d 硬度开始迅速下降,至第 9 天硬度变化率达到 19.45%,到贮藏结束时硬度仅为 7.40 kg/cm<sup>2</sup>,变化率达 27.17%;5℃条件下贮藏的果实贮藏前期硬度下降平缓,中期下降速度增大,到贮藏结

束时硬度为 8.13 kg/cm<sup>2</sup>,变化率为 19.98%。方差分析表明贮藏后期 5℃条件下的果实硬度极显著高于 20℃条件下的果实。果实固型物含量虽然在贮藏中后期存在小幅回升,但总体上呈下降趋势,在 20℃和 5℃条件下的变化率分别为 13.03%和 7.53%,两者间也存在极显著差异;原果胶含量的变化呈下降趋势,在 20℃和 5℃条件下的变化率分别为 58.06%和 51.61%;可溶性果胶含量呈上升趋势,在 20℃和 5℃条件下的变化率分别为 200.00%和 109.09%;纤维素含量的变化呈下降趋势,在 20℃和 5℃条件下的变化率分别为 33.72%和 17.44%,两者间存在极显著差异。

表 1 藤牧 1 号苹果贮藏期间果实理化特性的变化

性状	贮藏天数 d								变异率/%
	0	3	6	9	12	15	18	21	
失重率/%	0	0.18	0.79	1.21	1.58	1.94	2.85	3.64	3.64
	0	0.30	1.33	2.00	2.67	3.76	4.73	5.83	5.83
硬度/kg·cm <sup>-2</sup>	10.16	10.00	9.74	9.22	9.05	8.57	8.32	8.13	19.98
	10.16	9.84	8.68	8.18	8.03	7.97	7.73	7.40	27.17
固型物含量/%	10.20	10.07	9.82	9.67	9.58	9.32	9.58	9.43	7.53
	10.20	10.05	9.68	9.59	9.96	9.74	9.23	8.87	13.03
原果胶含量/%	0.31	0.29	0.26	0.25	0.21	0.19	0.17	0.15	51.61
	0.31	0.24	0.21	0.19	0.18	0.15	0.14	0.13	58.06
可溶性果胶含量/%	0.11	0.12	0.13	0.14	0.16	0.18	0.19	0.23	-109.09
	0.11	0.14	0.20	0.23	0.25	0.28	0.30	0.33	-200.00
纤维素含量/%	0.86	0.84	0.83	0.80	0.79	0.74	0.73	0.71	17.44
	0.86	0.82	0.76	0.71	0.65	0.62	0.60	0.57	33.72

注 表中上方为 5℃条件下测定的数据,下方为 20℃条件下测定的数据。

表 2 藤牧 1 号苹果贮藏后测定数值方差分析结果

不同贮藏温度/℃	失重率/%	硬度/kg·cm <sup>-2</sup>	固型物含量/%	原果胶含量/%	可溶性果胶含量/%	纤维素含量/%
5	3.64bB	8.13aA	9.43aA	0.15 aA	0.23 bB	0.71 aA
20	5.83aA	7.40bB	8.87bB	0.13 aA	0.33 aA	0.57 bB

注 表中方差分析采用新复极差法测定 小写字母表示 0.05 显著性,大写字母表示 0.01 显著性

2.2 贮藏期间果实酶活性变化分析

2.2.1 苹果贮藏期间半乳糖醛酸酶(PG)的活性变化趋势分析 图 1 绘出了藤牧 1 号苹果贮藏期间半乳糖醛酸酶(PG)活性的变化趋势。可以看出,在贮藏过程中,PG 酶活性表现为前期逐渐增加,出现峰值后又逐渐下降的变化趋势。在不同贮藏温度下,20℃贮藏的果实贮藏前 6 d 的 PG 酶活性迅速增加,至第 6 天达到高峰,峰值为 0.0367 mmol/(L·h),比贮藏初期增加 44%,可溶性果胶含量在第 3~6 天增长速度最快,增长速率达 42.86%;5℃贮藏的果实 PG 酶高峰出现在第 12 天,峰值为 0.0310 mmol/(L·h),比贮藏初期增加了 21.63%,而可溶性果胶物质含量在贮藏后期增长速度最快。贮藏结束时 20℃和 5℃条件下的果实的 PG 酶活性分别为 0.0289 mmol/(L·h)和 0.0268 mmol/(L·h),而果实

2.2.2 苹果贮藏期间果实纤维素酶活性变化趋势分析

图 2 绘出了藤牧 1 号苹果贮藏期间果实纤维素酶活性的变化趋势。可以看出,在贮藏过程中,纤维素酶活性表现为前期逐渐增加,出现峰值后又逐渐下降的变化趋势。在不同贮藏温度下,20℃贮藏的果实纤维素酶活性在初期迅速增加,至贮藏第 6 天达到了高峰,峰值为 473.25 U/g,与贮藏初期相比增加了 7.83%,然后活性迅速下降,到贮藏结束时活性降低为 442.74 U/g,而果实纤维素含量则呈逐渐下降的趋势。5℃贮藏的果实纤维素酶活性在初期呈缓慢增加趋势,直到第 12 天才达到高峰,峰值为 449.22 U/g,峰值过后活性逐渐下降。在整个贮藏过程中,20℃条件下的果实纤维素酶活性始终高于 5℃条件下的果实,而纤维素含量则始终低于 5℃条件下的果实。

2.2.3 苹果贮藏期间果实淀粉酶活性变化趋势分析 图 3 绘出了藤牧 1 号苹果贮藏期间果实淀粉酶活性的变化趋势。可以看出,在果实贮藏过程中,淀粉酶活性表现为前期逐渐增加,出现峰值后又逐渐下降的变化趋势。在不同贮藏温度下,20℃贮藏的果实淀粉酶活性逐

渐增加,第6天达到高峰,峰值为 $9.32\text{ mg}/(\text{g}\cdot\text{min})\cdot\text{FW}$ ,比贮藏初期增加43.48%,高峰后缓慢下降,直至贮藏结束, $5^{\circ}\text{C}$ 贮藏的果实淀粉酶活性第9天达到高峰,峰

值为 $7.88\text{ mg}/(\text{g}\cdot\text{min})\cdot\text{FW}$ ,比贮藏初期增加21.31%。果实贮藏期间可溶性固型物含量存在小幅升高的趋势,但峰值出现比淀粉酶晚。

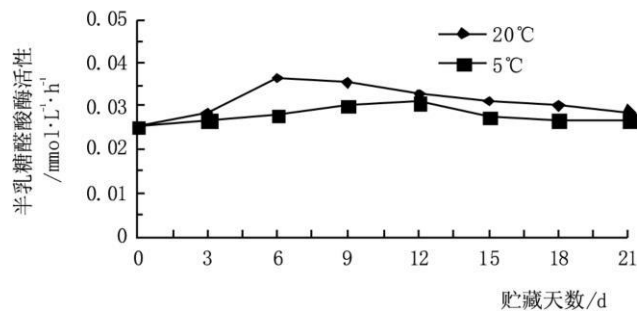


图1 贮藏温度对滕牧1号苹果半乳糖醛酸酶活性的影响

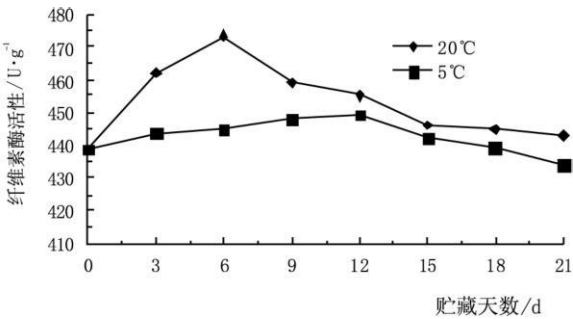


图2 贮藏温度对滕牧1号苹果纤维素酶活性的影响

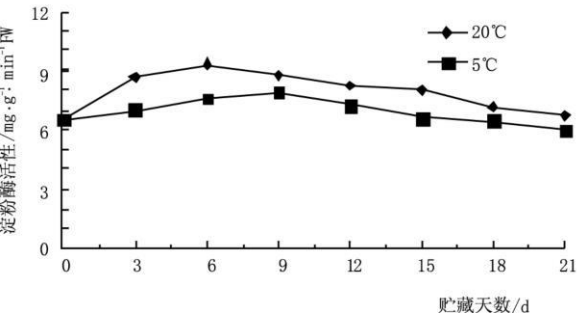


图3 贮藏温度对滕牧1号苹果淀粉酶活性的影响

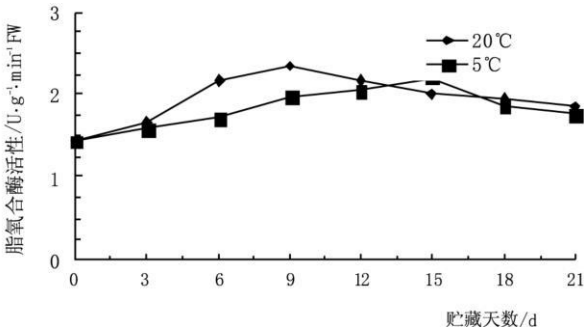


图4 贮藏温度对滕牧1号苹果脂氧合酶活性的影响

2.2.4 苹果贮藏期间果实脂氧合酶活性变化趋势分析

图4绘出了贮藏期间滕牧1号苹果果实脂氧合酶活性的变化趋势。可以看出,果实的LOX活性随贮藏时间的延长而出现先增加,出现峰值后下降的变化趋势。 $20^{\circ}\text{C}$ 贮藏的果实在贮藏前期LOX活性逐渐升高,活性高峰出现在第9天,峰值为 $2.33\text{ U}/(\text{g}\cdot\text{min})\cdot\text{FW}$ ,比贮藏前期相比增加64.71%,而后酶活性逐渐下降; $5^{\circ}\text{C}$ 贮藏的果实酶活性高峰出现在第15天,峰值为 $2.19\text{ U}/(\text{g}\cdot\text{min})\cdot\text{FW}$ ,高于同期 $20^{\circ}\text{C}$ 条件下的果实的LOX的数值,高峰过后酶活性逐渐下降。结果表明,低温可以抑制LOX活性的上升,延迟LOX峰值的来临,从而延缓果实组织的衰老过程。

3 讨论

苹果是耐贮性较强的水果,耐贮性强的果实在适宜的条件下可贮到来年果实成熟期。但成熟期较早的品种耐贮性较差,货架寿命短,一般采后2~3周果实变软,甚至发面起沙、腐烂变质,丧失鲜食价值。这主要是与晚熟品种比早熟苹果的果实生长期较短,营养物质积累不足,组织结构不完善,自身耐贮运性较差。同时,早熟品种采收期在7~8月份,气温高湿度大,导致采后果实

生理变化剧烈,降低了耐贮性。高温高湿还有利于病原菌繁殖和侵染,引起果实的腐败变质。在以往的研究中,多以中、晚熟或晚熟品种为试材,早熟苹果采后生理和果实耐贮性研究,有助于了解贮藏环境条件对果实生理生化变化的影响,揭示早熟苹果采后品质变化的规律,为采取必要的技术措施保持果实品质,延长货架贮藏寿命提供理论和试验依据,为扩大早熟品种栽培比例,改善品种结构提供必要的条件。

苹果的果胶和纤维素作为细胞壁的重要成分,与果实肉质关系密切。通过该试验可以看出,滕牧1号果实在贮藏期间果肉的软化程度与原果胶向水溶性果胶转化率呈明显正相关,具体表现为原果胶含量逐渐下降,可溶性果胶逐渐提高,果肉硬度则逐渐降低。低温对于延缓果实果胶物质及硬度变化具有显著的影响。在果实中原果胶的主要作用是维持果肉硬度和细胞的基本结构,随着原果胶逐渐降解为可溶性果胶,果肉硬度下降,细胞基本结构受损,果实水分散失,品质降低<sup>[5]</sup>。淀粉酶的活性与滕牧1号果实可溶性固型物含量变化间存在一定程度的正相关。贮藏温度对淀粉酶活性的高低和峰值出现的早晚有明显影响,一般温度越高淀粉酶

活性越强, 活性高峰出现越早, 果实软化进程越快, 品质变化越明显。林河通<sup>[9]</sup>等在黄花梨果实采后软化生理基础研究发现, 果实的前期软化主要是淀粉酶作用引起淀粉降解所致。可见淀粉酶对果实的软化也起到明显的促进作用。

Bennett<sup>[7]</sup>提出, 细胞壁降解分2个阶段。第1阶段是木葡聚糖的分解, 此阶段有许多细胞壁水解酶参与, 包括纤维素酶、膨胀素等; 第2阶段是果胶的降解, 主要由多聚半乳糖醛酸酶(PG)起作用。试验中看出, 贮藏前期随着藤牧1号果实中PG酶和纤维素酶活性的提高, 果实硬度迅速下降, 此现象与Bennett提出的理论基本相符合, 贮藏温度越高, 其酶活性高峰的来临越早, 伴随着果实硬度下降越快, 进而影响果实的耐贮藏性。此结论与申曙光<sup>[8]</sup>等在苹果后熟软化研究中提出, 果实软化过程中起主要作用的是PG, PG的活性在一定范围内与温度呈正相关相一致。藤牧1号果实中LOX的高峰较纤维素酶和PG的高峰出现的晚, 但LOX活性在整个贮藏的过程中始终保持较高的水平, 特别是在高温条件下表现更为明显。可以认为, LOX同其它几种酶一样在果实贮藏过程中, 能够促进果实的软化。温度的高低将影响酶活性的高峰发生时间, 影响果实的软化。许多研究

表明, LOX在植物的生长、发育、成熟、衰老以及机械伤害、病虫侵染等过程中起调节作用<sup>[9]</sup>。

### 参考文献

- [1] 韩雅珊. 食品化学实验指导[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1992: 32-35.
- [2] 薛应龙. 植物生理学实验手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1995: 143-146.
- [3] Surry K. Spectrophotometric method for determination of lipoxidase activity[J]. Plant Physiology, 1963, 39: 65-70.
- [4] 陈昆松, 徐昌杰, 许文平, 等. 猕猴桃和桃果实脂氧合酶活性测定方法的建立[J]. 果树学报, 2003, 20(6): 436-438.
- [5] 吴彩娥, 王文生, 寇晓虹. 果实成熟软化机理研究进展[J]. 果树学报, 2001, 18(6): 365-369.
- [6] 林河通, 席焜芳, 陈绍军. 黄花梨果实采后软化生理基础[J]. 中国农业科学, 2003, 36(36): 349-352.
- [7] Bennett A B. Biochemical and genetic determinants of cell wall disassembly in ripening fruit: a general model[J]. Hortscience, 2002, 37(3): 447-449.
- [8] 申曙光. 红富士苹果果实发育期间生理生化变化的研究[J]. 园艺学报, 1991, 18(1): 1-3.
- [9] 许文平, 陈昆松, 李方, 等. 脂氧合酶、茉莉酸和水杨酸对猕猴桃果实后熟软化进程中乙烯生物合成的调控[J]. 植物生理学报, 2000, 26(26): 507-514.

## Study on Storage Temperature on the Mato Apple Fresh Fruit

LI Hong-jian<sup>1</sup>, LI Bao-jiang<sup>1</sup>, YI Kai<sup>2</sup>, LIU Zhi<sup>2</sup>, JIN Zhao<sup>2</sup>

(1. College of Horticulture Shenyang Agricultural University, Shenyang Liaoning 110161, China; 2. Liaoning Fruit Research Institute Xiongyue, Liaoning 115009, China)

**Abstract:** Mato apple fruit were used as materials to study the storage temperature to the fruit enzyme activity and the physics and chemistry character. The results showed that fruit at 20℃ and 5℃ condition cellulose, PG, LOX, amylase activity showed a gradual increase in pre and post-peak then occurred a gradual decline in the trend. The fruits in 20℃ storage conditions, cellulose, PG, LOX, amylase activity was higher than the fruits in 5℃ storage, peak of their enzyme activity occurred earlier. During the storage period, the proto pectin content of fruit was gradually reduced, soluble pectin content of fruit was gradually increased, cellulose content decreased. Pectin and cellulose content of the fruit in 20℃ storage changed in the rate higher than fruit in 5℃ storage. With pectin and cellulose material of the fruit changes, the fruit soften gradually, pulp hardness lower, weight loss ratio was increased, the quality was declined.

**Key words:** Apple fruit; Storage conditions; Fruit quality; Enzyme activity