变温贮藏对黑琥珀李品质及生理特性的影响*

孙秀兰[1], 刘兴华[1], 张华云[2], 张静一[3]

(1 西北农林科技大学 食品科学与工程学院, 陕西 杨陵 712100; 2 国家农产品保鲜工程研究中心, 天津 300112;
3 宝鸡食品工业协会, 陕西 宝鸡 721000)

[摘 要] 研究了 4 种变温处理对黑琥珀李贮藏期间品质及生理特性的影响。结果表明, 间歇升温处理即 -0.5~0 ℃恒温贮藏, 每 15 d 升温至 18~20 ℃并保持 1 d, 再降回 -0.5~0 ℃, 连续重复 5 次, 能够延缓李子冷害发生, 抑制还原糖、可滴定酸及多酚含量的下降, 推迟多酚氧化酶(PPO)和过氧化物酶(POD)活性高峰的出现。贮藏 90 d 后果实品质良好, 货架期达到 20 d, 为最佳变温模式。

[关键词] 李子; 变温处理; 冷害; 生理特性

[中图分类号] S662.309+.3 [文献标识码] A [文章编号] 1000-2782(2001)02-0109-05

李子(*Pronouns Salicina* Lindl)在低温贮藏时产生冷害是限制其贮藏效果的主要因素。一般贮藏温度低于 6 ℃就会发生冷害[1]。变温处理能够延缓或抑制果蔬冷害的发生[2]。目前国外有关李子变温处理的研究很多, 一般采取的变温方式为双温循环(dual temperature cycle), 即 -0.5 ℃贮藏 10 d 转至 7.2 ℃贮藏 18 d, 如此重复[3~5]。我国在这方面的研究很少, 生产上仍然采用 0 ℃恒温贮藏[6]。因此, 探讨李子变温贮藏技术对李子保鲜具有重要意义。本验研究了几种不同变温模式对黑琥珀李冷藏品质和货架期的影响, 并以我国生产上常用的 0 ℃恒温贮藏为对照, 期望寻找一种最佳的变温模式, 以探讨其控制冷害的作用机理, 为我国李子贮藏保鲜提供理论依据和技术参考。

1 材料与方法

1.1 材料及处理

试验于 1999~2000 年在国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津)梯度冷库内进行, 供试品种为黑琥珀李, 采自辽宁省果树研究所李杏资源圃。李子采后当天运往天津, 并在常温下选择成熟度一致, 大小均匀, 无机械损伤和病虫害的果实, 装入内衬李子专用保鲜袋的塑料箱内, 每箱 5 kg。在相对湿度为 85%~90%、温度可自动调节的梯度冷库内进行以下 4 个处理, 每处理重复 5 次。处理Ⅰ(间歇升温): -0.5~0 ℃贮藏, 每 15 d 移至 18~20 ℃并保持 1 d, 然后转回 -0.5~0 ℃, 重复 5 次; 处理Ⅱ(0~10 ℃双温循环): -0.5~0 ℃贮藏 10 d, 移至 10 ℃贮藏 18 d, 然后转回 -0.5~0 ℃, 重复 3 次; 处理Ⅲ(0~6.6 ℃双温循环): -0.5~0 ℃贮藏 10 d, 移至 6.6 ℃贮藏 10 d, 然后转回 -0.5~0 ℃, 重复 3 次; 处理Ⅳ(逐步降温): 贮前 10 ℃开始, 10 ℃→8 ℃→6 ℃→5 ℃→4 ℃→3 ℃→0 ℃每天降温 1 次, 最后在 -0.5~0 ℃下贮藏; CK: -0.5~0 ℃恒温贮藏。

1.2 测定指标及方法

1.2.1 果实感官品质 每处理在贮藏 40 和 80 d 时抽样检查好果率, 评价果实综合外观及品质, 以果皮和果肉无褐变、无霉烂、无腐烂的果实重量占总果重量的百分数计算好果率, 由 5 人专家小组综合评定果皮、果肉色泽及品质, 每次每处理随机取样 2 kg, 重复 4 次。

1.2.2 货架期冷害指标及货架期限 李子出库后进行货架期试验, 20 ℃温度下放置 2 d 后, 测定果实冷害指数、褐变指数及风味, 结束时统计货架期限。①冷害指数: 根据果面所呈现的冷害斑面积分为 4 级, 无冷害症状为 0 级; 轻微冷害、冷害斑不超过果面的 1/10 为 1 级; 冷害斑面积占果面的 1/10~1/2 为 2 级; 冷害斑所占面积超过果面的 1/2 为 3 级。

$$\text{冷害指数} = \frac{\sum(\text{冷害果实数} \times \text{冷害级值})}{\text{果实总数} \times \text{最高级值}}$$

②褐变指数: 沿果实赤道切开, 根据果肉所呈

* [收稿日期] 2000-07-07
[基金项目] 天津自然科学基金资助项目(983801901); 杨凌专项基金资助项目(99KG18)
[作者简介] 孙秀兰(1976-), 女, 山东聊城人, 在读硕士, 主要从事果品贮藏研究。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

现的褐变面积分为 5 级, 无褐变为 0 级; 褐变面积不超过切面 1/10 为 1 级; 占切面 1/10～1/3 为 2 级; 占切面 1/3～2/3 为 3 级; 超过切面 2/3 为 4 级。

$$褐变指数 = \frac{\sum(褐变果实数 \times 褐变级值)}{果实总数 \times 最高级值}$$

③风味: 成立 5 人专家小组按以下标准打分, 香味 40 分, 甜酸比 40 分, 质地 20 分。以香味浓郁, 甜酸适口, 质地脆硬为 100 分。

④货架期限: 指果实商品率保持在 80% 以上的最长时间。

1.2.3 生理指标测定 还原糖含量用斐林试剂比色法; 可滴定酸含量用酸碱滴定法; 多酚氧化酶(PPO)活性按儿茶酚氧化法[7]; 过氧化物酶(POD)活性按愈创木酚氧化法[7]; 多酚含量采用陈昆松[8]的方法, 以没食子酸作标准曲线。

2 结果与分析

2.1 对贮藏果实感官品质的影响

试验结果(表 1)表明, CK 和处理Ⅳ 40 d 时表现出明显的冷害症状, 品质降低; 80 d 时冷害加重, 果皮出现大水渍状凹斑, 果肉不能正常转红, 丧失后熟能力。处理Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ明显抑制冷害的发生, 维持成熟及衰老的有序进行。贮藏 80 d 时, 处理Ⅰ果皮色泽鲜艳, 靠近果皮的果肉开始转为鲜红色, 品质优良, 好果率达到 90%。处理Ⅱ和Ⅲ由于高温时间持续稍长, 分别在 40 和 60 d 果肉由黄绿色转为红色, 达到最佳食用品质, 随着贮藏期的延长, 品质有所下降。

表 1 各处理对果实感官品质的影响

Table 1 Effect on fruit sense quality of different treatments

处理 Treatments	贮藏 40 d On fortieth day of storage				贮藏 80 d On eightieth day of storage			
	好果率/% Rate of sound fruit	果皮 Peep	果肉色泽 Flesh color	品质 Quality	好果率/% Rate of sound fruit	果皮 Peep	果肉色泽 Flesh color	品种 Quality
Ⅰ	99.7	无下陷斑 No sinking spot	绿色 Green	优 Excellent	90.0	无大凹斑 No concave speckle	开始转红 Beginning to turn into red	优 Excellent
Ⅱ	95.6	无下陷斑 No sinking spot	开始转红 Turning into red	优 Excellent	80.3	无大凹斑 No concave speckle	新鲜红色 Fresh red	良 Good
Ⅲ	96.8	无下陷斑 No sinking spot	绿色 Green	优 Excellent	85.2	无大凹斑 No concave speckle	浅红 Light red	良 Good
Ⅳ	91.2	有下陷斑 Some sinking spot	绿色 Green	良 Good	72.8	有水浸状凹斑 Some water immersion concave speckles	浅红微褐 Light red with brownmig	差 Poor
CK	90.1	有下陷斑 Some sinking spot	绿色 Green	良 Good	72.7	有大水浸状凹斑 Some big water immersion concave speckles	绿色发白 Green and a little white	差 Poor

2.2 对货架期的影响

贮藏 90 d 进行货架期试验, 结果表明, 处理Ⅰ和处理Ⅲ的果实冷害指数及褐变指数均明显低于 CK(表 2), 货架期限分别为 CK 的 2.8 和 2.1 倍, 基本保持琥珀李原有风味。CK 和处理Ⅳ风味变淡, 且稍带苦味, 货架期限仅为 7 d。处理Ⅱ果肉软化, 风味降低, 货架期限仅为 8 d。说明冷害和后熟过早均影响货架品质, 处理Ⅰ和Ⅲ具有延长货架期的作用。

表 2 各处理对货架期的影响

Table 2 Effect on shelf life of different treatments

处理 Treatments	冷害指数 Index of chilling injury	褐变指数 Index of browning injury	风味 Flavor	货架期限/d Deadline of shelf life
Ⅰ	0.100 b	0.050 c	85.8 a	20
Ⅱ	0.088 b	0.155 b	74.3 c	8
Ⅲ	0.093 b	0.100 bc	80.6 b	15
Ⅳ	0.321 ab	0.402 a	65.4 d	7
CK	0.400 a	0.300 ab	60.5 e	7

注: 新复极差测验, 不同字母表示在 $P = 0.05$ 水平上差异显著。

Noce: PR Test, different letters stand for difference at $P = 0.05$ level.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2.3　对还原糖和可滴定酸含量的影响

李子在贮藏过程中, 各变温处理的还原糖含量呈抛物线变化, CK 一直下降(图 1)。果蔬贮藏过程中, 还原糖含量受呼吸消耗和淀粉水解的影响。CK 由于冷害而导致后熟受阻, 呼吸异常增强, 抑制淀粉水解, 故贮藏过程中还原糖含量快速下降; 与 CK 相比, 处理Ⅰ能有效地抑制冷害并延缓后熟, 还原糖 60 d 时达到峰值 8.34%, 随后缓慢下降; 处理Ⅱ和Ⅲ分别在 15 d 和 45 d 达到最高。还原糖含量变化与果实后熟过程相联系。处理Ⅳ贮藏 30 d, 还原糖含量达到 91.4%, 之后迅速降低。还原糖异常积累是对冷害的反应, 这与吕昌文报道一致[9]。处理Ⅳ与 CK 同样有冷害发生, 但还原糖含量变化不同, 其原因有待研究。

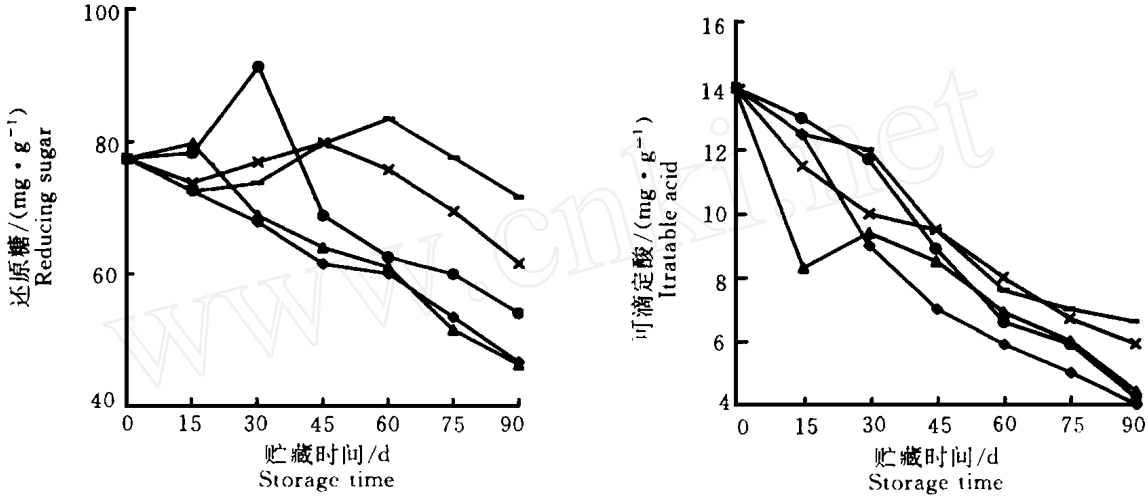

图 1　各处理还原糖和可滴定酸含量的变化

-♦- CK; -↘- 处理Ⅰ; -▲- 处理Ⅱ; -×- 处理Ⅲ; -○- 处理Ⅳ(图 2 同)

Fig. 1　Reducing sugar and titratable acidcontent of different treatments

-♦- CK; -↘- Ⅰ; -▲- Ⅱ; -×- Ⅲ; -○- Ⅳ(Fig. 2 same Fig. 1)

可滴定酸含量在各处理中均呈快速下降趋势(图 1), CK 下降最快, 处理Ⅰ和Ⅲ可以抑制可滴定酸含量的下降, 90 d 时分别比 CK 提高了 39.4% 和 32.3%。处理Ⅱ和Ⅳ与 CK 无显著差异(P = 0.05)。

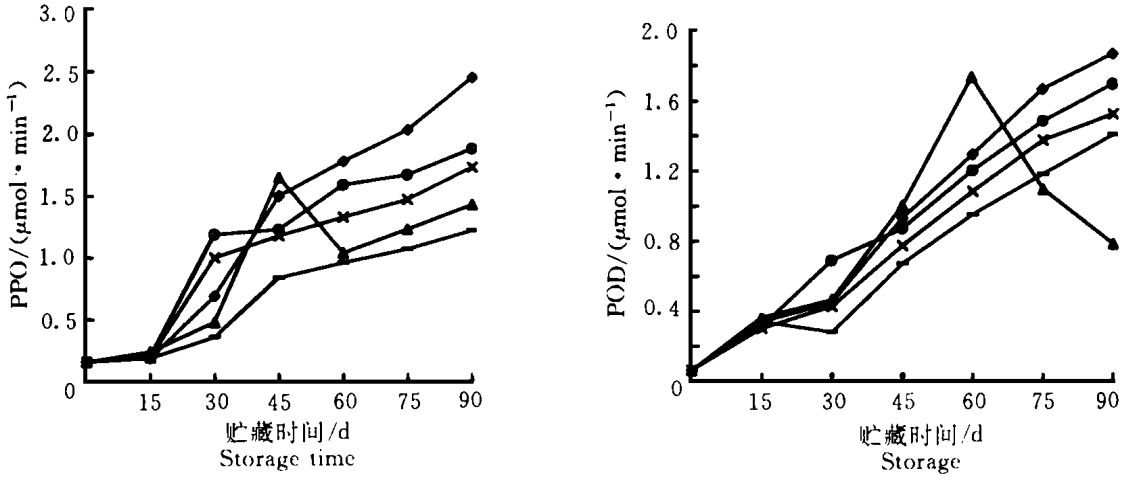

图 2　各处理过氧化物酶和多酚氧化酶活性

Fig. 2　POD and PPO activity of different treatments

2.4　对 PPO 和 POD 活性的影响

除处理Ⅱ外, 随贮藏期的延长, PPO 和 POD 活性增强(图 2), 其中 CK 变化幅度最大, 前 45 d 持续上升, 45 d 以后上升速度增加, 90 d 达到最高。前期酶活性的升高是李子对低温胁迫的反应, 后期由于冷害发生引起呼吸和代谢异常, 导致酶活性异常升高。与 CK 相比, 处理Ⅰ变化最平缓, PPO 活性在 30, 60, 90 d, 分别降低 35.8%, 46.1%, 51.2%, POD 活性降低 38.8%, 26.4%, 24.8%。处理Ⅲ酶活性也明显低于 CK。说明处理Ⅰ和Ⅲ具有维持代谢

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

正常进行,降低 PPO 和 POD 活性的作用。处理Ⅱ PPO 和 POD 活性分别在 45, 60 d 上升,之后逐渐降低。该处理酶活性变化与果实后熟过程相联系。处理Ⅳ与 CK 在 60 d 内差异不大,后期略低于 CK。

2.5 对多酚含量的影响

多酚在 PPO 和 POD 作用下氧化生成醌,醌的积累导致果实褐变。对 CK 相关分析表明,PPO 和 POD 活性与多酚含量呈负相关,$Y = 11.49 - 0.28X_{PPO} = -0.538$ 和 $Y = 11.73 - 0.49X_{POD} = -0.986^{**}$。图 3 表明,CK 多酚含量的急剧下降与 PPO 和 POD 活性上升相一致,其中多酚含量与 POD 的相关系数明显大于与 PPO 的相关系数,这与其他报道不同,故对李子 POD 活性与多酚的内在关系尚待进一步研究。贮后各处理多酚比较为:处理Ⅰ > Ⅲ > Ⅱ > Ⅳ > CK,处理Ⅰ与 CK 在 $P = 0.01$ 水平差异显著,说明处理Ⅰ明显抑制多酚含量的下降。

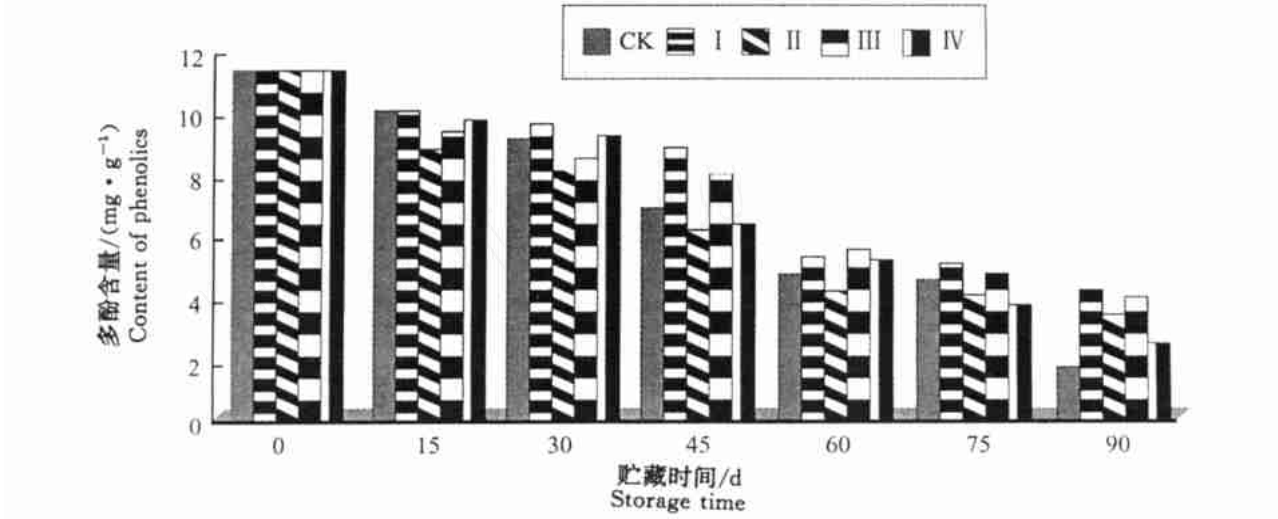

图 3 各处理对多酚类物质含量的影响

Fig. 3 Content of phenolics of different treatments

3 讨 论

黑琥珀李在 -0.5~0 ℃恒温贮藏下发生严重的冷害,其典型症状为风味变淡、组织褐变、不能正常后熟,这与都凤华报道一致[10]。黑琥珀李正常后熟伴随果肉由绿色转为鲜红色,可能是因为叶绿素降解和花青素的积累,转色的机理尚不清楚。但可以认为,果肉转红是其正常后熟的标志,所以抑制果肉色素转化是琥珀李冷害发生的重要表现。本试验证明,低温伤害导致黑琥珀李还原糖、可滴定酸含量明显减少,与 Chattpar 报道一致[11]。低温胁迫活化 PPO 和 POD,加速次生代谢。正常情况下多酚多集中在液泡中[12],低温破坏细胞结构,液泡膜破裂,多酚流入细胞质与酚氧化酶发生酶促反应,导致果实褐变。本试验中发现李子多酚含量与 POD 活性呈典型直线负相关,其内在机理尚须进一步探讨。

本试验采用间歇升温处理,可以适当恢复因冷害而破坏的细胞结构,规律性打破"冷休克",抑制 PPO 和 POD 活性升高,强化抗低温防御系统,维持细胞分室结构,阻止多酚逆境代谢发生,使冷害症状得以延迟和减轻。同时,还可抑制还原糖和可滴定酸含量减少,延缓后熟衰老,贮藏 90 d 果实品质良好,出库后有 20 d 的货架寿命。因此可以初步认为,-0.5~0 ℃贮藏,每 15 d 加温至 18~20 ℃并保持 1 d,是黑琥珀李获得综合优良品质的最佳变温模式;其次为 0~6.6 ℃双温循环;0~10 ℃双温循环虽能缓解冷害,但加速后熟衰老,缩短保鲜期,故不可取。逐步降温处理,可能因为温差太小或者起始温度高,控制李子冷害效果不甚理想。故采用逐步降温贮藏李子应慎重。但各变温处理后的膜脂过氧化作用,以及果胶酶活性与李子冷害的关系尚待进一步研究。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

[参考文献]

[1] 都凤华. 李子冷害和贮藏温度研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 1989.

[2] 张维一. 果蔬采后生理学[M]. 北京: 农业出版社, 1993. 152- 153.

[3] Truter A B. Controlled atmosphere storage of plums[J]. Delicious Fruit Grower, 1994, 44(10): 373- 375.

[4] Taylor M A, Tacobs G. Physiological factors associated with over ripeness internal breakdown and gel brekdown in plums stored at low temperature[J]. Journal of Horticultural Science, 1993, 68(5): 825- 830.

[5] Hartmn. Picking maturities and cold storage requirements of 'Songold' Plums[J]. Delicious Fruit Grower, 1998, 38(5): 161- 163.

[6] 孙秀兰, 刘兴华, 张银志. 李果贮藏技术研究进展[J]. 天津农业科学, 1999, (增刊): 45- 48.

[7] 上海植物生理学会. 植物生理学试验手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1985. 166- 180.

[8] 陈昆松. 鸭梨果实气调过程 CO_2 伤害机理初探[J]. 中国农业科学, 1991, 24(5): 83- 88.

[9] 吕昌文, 齐　灵, 修得仁. 桃波动温度贮藏及其机理研究[J]. 华北农业学报, 1994, 9(1): 75- 80.

[10] 都凤华. 间歇加温对减少李子低温伤害的作用[J]. 吉林农业大学学报, 1993, 4(15): 90- 93.

[11] ER B Pantastico. 热带和亚热带果蔬采后生理、处理及利用[M]. 中国科学院华南植物研究所译. 北京: 农业出版社, 1982. 293.

[12] [苏] I B. 特利茨基. 水果和蔬菜的生物化学基础[M]. 刘慕春译. 北京: 科学出版社, 1988. 113.

Study on physiological characteristic and change-temperature storage technology of plums

SUN Xiu-lan[1], LIU Xing-hua[1], ZHANG Hua-yun[2]

(1 *College of Food Science and Engineering, Northwest Science and Technology University of Agriculture and Forestry, Shaanxi, Yangling* 712100, *China*; 2 *National Engineering Technology Research Center for Agricultural Produces freshness Protection, Tianjin* 300112, *China*)

Abstract: The influence of four change-temperature treatments on storage quality and physiological changes of "Hei hupo" plums was investigated. The results showed that the treatment of intermittent warming distinctly postponed the symptom and appearingly lightened the degree of chilling injury. The decrease of reducing sugar content and phonemic's titratable acid content was inhibited and phenolase was lowered by intermittent warming. Treated plums maintained better quality for 90d and 20d shelf life.

Key words: plums; change-temperature treatment; chilling injury; physiological characteristic

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net