

文章编号:1001-1498(2005)02-0114-06

不同贮藏温度模式下大久保桃果实冷害及其品质劣变研究

王贵禧, 王友升, 梁丽松

(中国林业科学研究院林业研究所, 国家林业局林木培育重点实验室, 北京 100091)

摘要:研究了几种不同贮藏温度模式下大久保桃果实冷害发生及其品质劣变的情况。大久保桃果实在 5℃ 温度下贮藏 15 d 时就表现出了冷害症状, 如组织电导率、出汁率迅速上升, 出库后的果实在 20℃ 货架期 3 d 后, 果实的软化能力降低甚至丧失、可溶性固形物(SSC)不再增加、组织电导率和出汁率下降, 脂氧合酶(LOX)活性上升等, 果实品质明显劣变。0℃ 贮藏的大久保桃在 30 d 时表现出轻微的冷害症状, 但这种症状在出库回温后才比较明显。大久保桃采后在 24℃ 下预贮 3 d 后, 再在 0℃ 温度条件下冷藏, 在这一温度模式下经 60 d 的贮藏, 桃果实没有出现冷害症状, 但由于果实的软化程度较高, 果实的商品性能较差。大久保桃采后先在 8℃ 下经过 9 d 冷锻炼, 然后再在 0℃ 下冷藏, 在这一模式的冷藏过程中, 桃果实保持了一定的硬度和 SSC, 组织电导率和出汁率较稳定, 出库后能够正常后熟软化, 在预防了冷害的同时, 较好地保持了大久保桃的品质。

关键词:桃果实; 温度模式; 货架期; 冷害; 品质

中图分类号: S759.8 **文献标识码:** A

Studies on Chilling Injury and Quality Deterioration of 'Okubao' Peach under Different Storage Temperature Strategies

WANG Gui-xi, WANG You-sheng, LIANG Li-song

(Research Institute of Forestry, CAF; Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

Abstract: In this paper, chilling injury and quality deterioration of 'Okubao' (*Prunus persica* (L.) Batsch cv. Okubao) peach fruit under different storage temperature strategies were studied. When stored at 5℃, peach fruit showed rapid increase of membrane permeability and juice extraction rate during the first 15 d and lost the ability to ripe during subsequent shelf-life at 20℃ for 3 d, which means severe chilling injury. Chilling injury in fruits stored at 0℃ occurred at 30 d, but the symptom did not show until the fruit was moved to 20℃ for 3 d. Precondition at 24℃ for 3 d before storage at 0℃ delayed the occurrence of chilling injury, but could not delay fruit softening and thus led to unacceptable quality. When placed at 8℃ for 9 d before stored at 0℃, membrane permeability and juice extraction were acceptable and maintained its fruit firmness, SSC and pH value, and could ripe and soften normally during shelf-life. The results indicated that cold training at 8℃ for 9 d was the best temperature strategy to prevent chilling injury and to keep quality of 'Okubao' peach fruit in 60 d of storage.

Key words: peach fruit; temperature strategy; shelf-life; chilling injury; quality

收稿日期: 2004-04-16

基金项目: 国家质量监督检验检疫总局项目“保鲜白桃罐藏制品质量控制研究”(K058-2000)和北京市重点农业技术试验示范项目“桃采后产地保鲜配套技术与开发”(20020101)的部分研究内容

作者简介: 王贵禧(1962—), 男, 山东安丘人, 研究员, 博士生导师。

冷藏是目前桃果实采后一般贮藏方法,但桃对温度比较敏感,不适宜的低温易产生冷害^[1]。减轻桃果实冷害的先期研究主要集中在间歇升温等温度模式或气调贮藏措施^[2-5],但这些研究多停留在试验阶段,桃的产业化贮藏保鲜问题依然没有解决。桃果实受到冷害后,有些冷害症状在低温贮藏过程中并不立即显现,而是在果实出库升温后的货架期中才表现出来^[6,7]。桃果实在什么贮藏温度下贮藏多长时间就会发生冷害、哪些症状在冷藏期间出现、哪些症状在货架期期间出现等问题未见详细报道。本研究以北京地区主栽品种大久保为试材,研究桃果实在不同温度模式下的低温冷藏过程中及出库后的货架期期间其果肉色泽、质地、风味等品质及有关生理生化指标的变化,探讨通过温度条件控制桃果实冷害发生与品质劣变的可行性。

1 材料与方法

1.1 试验品种

本研究的试验品种为北京地区的主栽品种大久保桃 (*Prunus persica* (L.) Batsch cv. Okubao), 于2001年8月6日和2002年8月5日采自北京市平谷区,树龄10~11 a,常规生产管理。采收当天运至中国林科院林业研究所果品保鲜实验室,选择大小均匀、无伤害、八成熟的果实进行有关处理,成熟度的划分参照 SB/T10090-92^[8]。2001年进行初步研究,本文采用的是2002年的研究结果。

1.2 试验处理

本试验主要设计了5种温度模式,分别为(1)20℃贮藏;(2)0℃恒温冷藏;(3)5℃恒温冷藏;(4)8℃冷锻炼9 d后转入0℃恒温冷藏;(5)24℃预贮处理3 d后转入0℃恒温冷藏。各处理果实均用厚度为0.045 mm的聚乙烯塑料袋包装以防止失水,每个袋打10个直径为0.5 cm的孔以确保气体交换。每袋装量15 kg,每种温度模式重复10袋。每次从3个袋内取样共10 kg,5 kg用于有关指标的测定,另5 kg置于20℃后熟3 d后进行有关指标测定。

1.3 项目测定与方法

1.3.1 硬度 用果实硬度计(意大利产,FT327型,探头直径1 cm)测定。

1.3.2 可溶性固形物(SSC) 用手持折光仪测定。

1.3.3 pH值 用pHS-3C型精密pH计(上海雷磁仪器厂)测定。

1.3.4 出汁率 参照 Buescher^[9]的方法,用直径10 mm打孔器分别从9个果实上各取1片厚约3 mm的果肉圆片,装入垫有吸水纸的离心管中,3 500 r min⁻¹离心10 min,以果肉圆片离心后的失重率作为出汁率。

1.3.5 组织电导率 用直径10 mm打孔器从9个桃果实中采集圆柱状果肉,切成1 mm厚组织圆片后,从每个果实中取1片圆片置于布氏漏斗上,分2次用50 mL去离子水淋洗,用吸水纸吸干;装入盛有40 mL去离子水的小烧杯中,25℃保温3 h后,用 DDSJ-308型电导率仪(上海雷磁仪器厂)测定电导度 C_1 ,然后加热煮沸10 min并冷却至25℃,测定电导度 C_0 。组织电导率:

$$Le = C_1 / C_0 \times 100 \%$$

1.3.6 脂氧合酶(LOX) 参照吴敏^[10]和 P éez^[11]的方法,略有改进:从9个果实中取3~5 g果肉组织置于研钵内,加入10 mL预冷的0.1 mol L⁻¹ Tris-HCl缓冲液(pH=8.0),冰浴匀浆,于4℃低温下15 000 ×g离心15 min,上清液用于LOX活性的测定。3 mL反应体系中含0.1 mol L⁻¹亚油酸钠25 μL,0.1 mol L⁻¹磷酸缓冲液(pH=6.0)2.775 mL,酶液0.2 mL,反应温度30℃,于234 nm处测定吸光度变化。加酶液后15 s开始计时,记录1 min内吸光度变化,酶活性以OD₂₃₄ min⁻¹ g⁻¹表示。

1.4 数据差异性分析

本实验数据用SPSS软件进行统计处理,采用ANOVA进行邓肯氏多重差异分析。

2 结果与分析

2.1 大久保桃果实采后20℃贮藏期间的变化

由图1可以看出,在20℃贮藏期间,桃果实采后3 d内即发生明显的品质变化,表现为硬度、酸度和LOX活性迅速下降,而SSC、出汁率、组织电导率等显著升高,这些都是桃果实正常成熟的典型特征。桃果实受到冷害后,在低温贮藏时可能并不表现症状,但在转移到常温下货架期期间才能充分显露,果实不能正常后熟软化^[12],因此本试验在研究不同温度模式下贮藏的大久保桃果实出库后的品质变化时,根据桃果实在常温下的变化特点,将货架期确定为3 d。

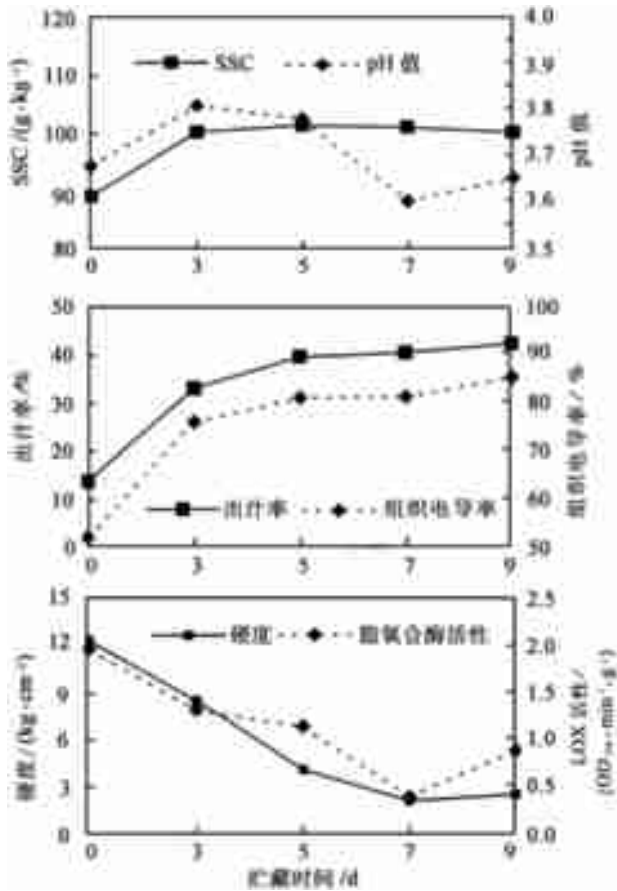


图 1 大久保桃果实采后 20 ℃ 贮藏不同时间的 SSC、pH、出汁率、组织电导率、硬度及 LOX 活性的变化

2.2 不同温度模式下大久保桃果实硬度的变化

由图 2(A)可以看出,不同温度模式下大久保桃果实硬度变化总体呈下降趋势,贮藏 60 d 时硬度均显著低于贮藏 0 d 时 ($P=0.5$)。在各温度模式中,0 ℃ 和 5 ℃ 恒温冷藏的桃硬度下降比较缓慢,贮藏 30 d 时硬度显著高于 8 ℃ 9 d 冷锻炼和 24 ℃ 3 d 预贮处理的桃果实硬度 ($P=0.05$)。各温度处理中以 24 ℃ 3 d 预贮的桃果实硬度下降最快。

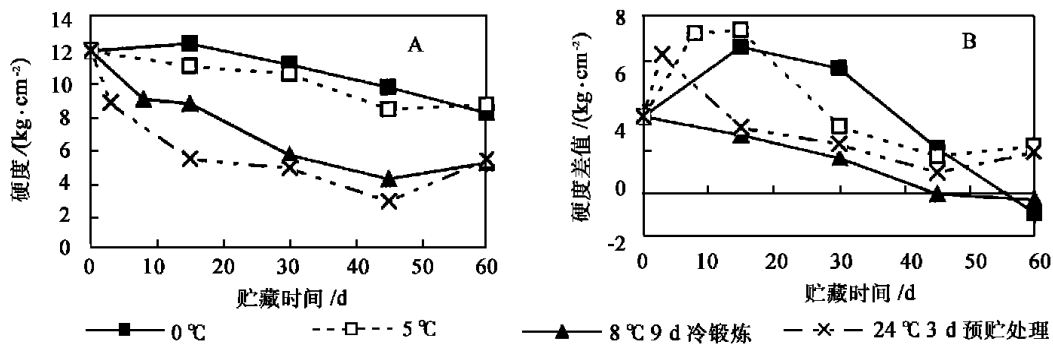


图 2 不同温度模式下大久保桃在贮藏期间(A)硬度的变化及不同贮藏时间出库后 20 ℃ 3 d 货架期间(B)硬度差值的变化(注:硬度差值 = 货架期 0 d 时硬度 - 货架期 3 d 时硬度)

图 2(B)是不同贮藏时间出库后桃果实在 20 ℃ 货架期 3 d 时硬度差值的变化。结果表明:在贮藏 30 d 内,0 ℃ 冷藏的果实出库后能正常软化,贮藏 45 d 时软化能力下降,至 60 d 时出库果实丧失软化能力,并出现硬度反弹;而 5 ℃ 冷藏的果实在 45 d 时出库果实丧失软化能力;8 ℃ 9 d 冷锻炼和 24 ℃ 3 d 预贮处理的大久保桃在 60 d 的贮藏过程中,虽然果实的硬度总体低于 0 ℃ 和 5 ℃ 贮藏的果实,但出库后货架期期间能够正常软化,没有发生不可逆硬化现象,8 ℃ 9 d 冷锻炼处理比 24 ℃ 3 d 预处理的保鲜效果好。

2.3 不同温度模式下大久保桃果实中 SSC 的变化

不同温度模式下贮藏时大久保桃果实中 SSC 的变化有差异,由图 3(A)看出,0 ℃ 冷藏的果实 SSC 在贮藏初期有所下降,随后基本保持平稳上升的趋势;5 ℃ 冷藏的大久保桃 SSC 在贮藏 15 d 时有所升高,随后迅速降低,并且在整个贮藏期间一直处于低水平;8 ℃ 9 d 冷锻炼和 24 ℃ 3 d 预贮处理的 SSC 变化趋势基本一致:在冷锻炼和预贮处理期间 SSC 上升,在转入 0 ℃ 贮藏时基本保持恒定,但总体趋势高于 0 ℃ 和 5 ℃ 冷藏。

图 3(B)的结果说明,0 ℃ 冷藏的大久保桃在 20 ℃ 3 d 货架期时 SSC 增加幅度随着贮藏时间延长而显著减少,贮藏 30 d 以后出现负增加。5 ℃ 冷藏的桃果实 SSC 在货架期期间不再增加的现象在贮藏 15 d 时就已经出现;24 ℃ 3 d 预贮处理在 0 ℃ 贮藏 15 d 以后出库,货架期期间 SSC 减少;8 ℃ 9 d 冷锻炼的桃果实在锻炼结束时 3 d 货架期后 SSC 降低,但在之后的冷藏过程中,任何时间出库,3 d 货架期期间其 SSC 均增加。这一结果显示,从果实货架期 SSC 的变化来看,大久保桃八成熟时采收,采后经 8 ℃ 9 d 冷锻炼处理后再在 0 ℃ 下贮藏,保鲜效果较好。

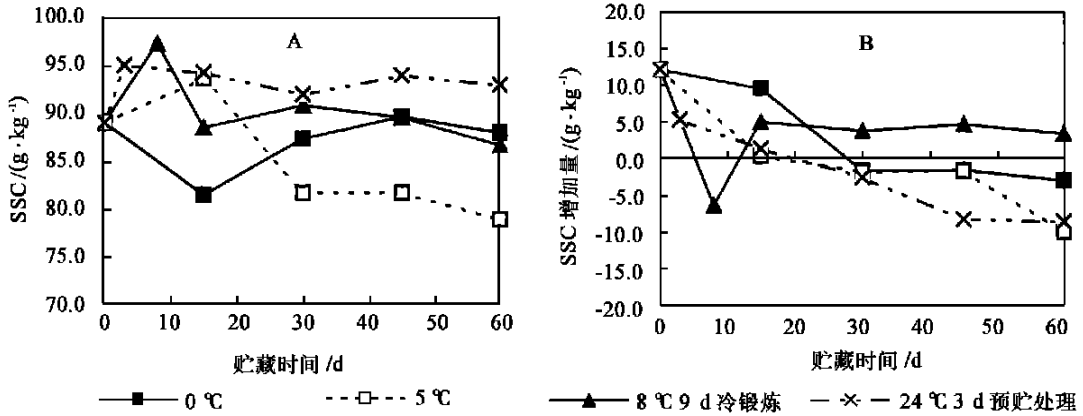


图 3 不同温度模式下大久保桃在贮藏期间(A) SSC的变化及不同贮藏时间出库后 20~3 d 货架期期间(B) SSC 增加量的变化(注:SSC 增加量 = 货架期 3 d 时 SSC - 货架期 0 d 时 SSC)

2.4 不同温度模式下大久保桃果实组织电导率的变化

果实在衰老或发生冷害时细胞膜完整性受到破坏,透性增加。图 4(A)表明:5 °C 冷藏的桃果实组织电导率在贮藏 15 d 后就快速升高,至 30 d 时就上升到了较高的水平,说明果实的完整性已遭到严重破坏。0 °C 冷藏的大久保桃果实的组织电导率在整个贮藏期间变化比较平稳;8 °C 9 d 冷锻炼和 24 °C 3 d 预贮处理的果实在处理期间及转入 0 °C 贮藏初期组织电导率均显著升高,这主要是果实的成熟软化造成的,虽然在随后的贮藏过程中组织电导率有所下降,但在整个贮藏过程中均高于 0 °C 冷藏的果实。

不同温度模式下贮藏的桃果实在出库后 3 d 货

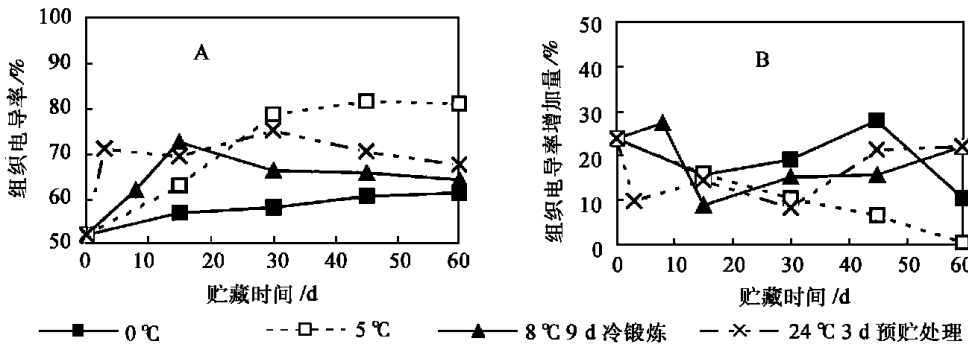


图 4 不同温度模式下大久保桃在贮藏期间(A) 组织电导率的变化及不同贮藏时间出库后 20~3 d 货架期期间(B) 组织电导率增加量的变化(注:组织电导率增加量 = 货架期 3 d 时组织电导率 - 货架期 0 d 时组织电导率)

2.5 不同温度模式下大久保桃果实出汁率的变化

贮藏果实的出汁率既与果实的冷害程度有关,又与果实的成熟软化程度有关。由图 5(A)可知,5 °C 冷藏的果实在贮藏 15 d 后出汁率迅速上升,至 60 d 时上升到较高水平,显著高于其它温度模式($p = 0.05$),桃果实在 5 °C 冷藏期间出汁率快速上升是冷

害造成的。24 °C 3 d 预贮处理的果实由于在预贮处理期间果实快速软化,因此出汁率也快速上升,而转入 0 °C 冷藏期间仍平稳维持较高水平,这一状况是由于 24 °C 3 d 预贮处理促进了桃果实的成熟造成的。0 °C 冷藏和 8 °C 9 d 冷锻炼的果实出汁率在贮藏期间均平稳上升,但后者高于前者。

货架期期间组织电导率均增加,但增加的程度及趋势不同(图 4B)。随着贮藏时间的延长,5 °C 冷藏的大久保桃果实在出库后的 3 d 货架期中组织电导率增加幅度显著降低;0 °C 冷藏的桃果实贮藏 30~45 d 时,货架期桃果实的组织电导率的增加幅度有所上升,但果实在贮藏 60 d 时出库其货架期期间的组织电导率升高幅度迅速减小;8 °C 9 d 冷锻炼和 24 °C 3 d 预贮 2 处理的果实在处理结束转入 0 °C 冷藏初期,其货架期的组织电导率增加幅度有所减少,但在之后的贮藏期间出库时其货架期的组织电导率一直平稳增加,说明这两种处理的桃果实在出库后均能够正常后熟。

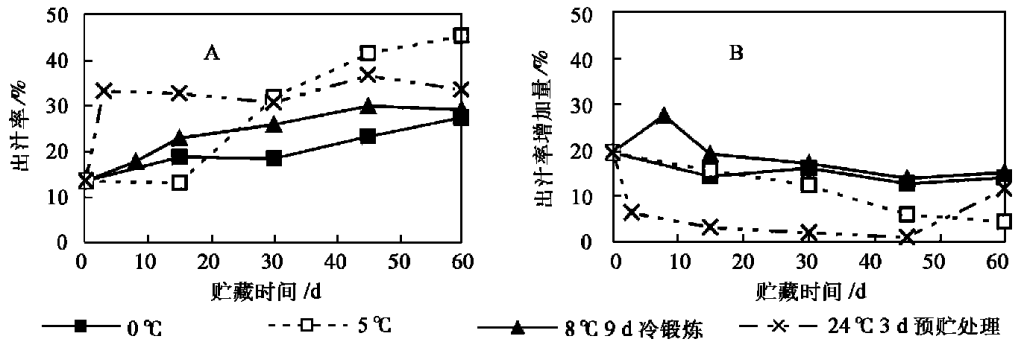


图 5 不同温度模式下大久保桃在贮藏期间(A)出汁率的变化及不同贮藏时间出库后 20~3 d 货架期间(B)出汁率增加量的变化(注:出汁率增加量 = 货架期 3 d 时出汁率 - 货架期 0 d 时出汁率)

随着贮藏时间的延长,5℃ 冷藏的桃在货架期前后的出汁率增加量越来越少,说明冷害果实在冷害温度下的出汁率升高,但经 3 d 货架期后出汁率反而下降(图 5B)。0℃ 冷藏的果实在整个贮藏期间的货架期中出汁率变化比较平稳;24℃ 3 d 预贮处理的桃果实由于在转入 0℃ 贮藏以前的出汁率就已经很高,因此随后在不同时间出库的货架期前后出汁率变化不大;8℃ 9 d 冷锻炼果实出库 3 d 后的出汁率增加量随着贮藏时间的延长而略有下降,但与其它几种温度模式相比出汁率的增加量是最高的,说明该温度模式下的大久保桃经 60 d 贮藏仍然保持了较高的货架期出汁率。

2.6 不同温度模式下大久保桃果实 LOX 活性的变化

随着贮藏时间的延长,各种温度模式下的桃果实

LOX 活性呈现逐渐升高的趋势(图 6A),但贮藏至 60 d 时,24℃ 3 d 预处理和 8℃ 9 d 冷锻炼的果实 LOX 活性低于 0℃ 和 5℃ 恒温贮藏的果实。图 6(B)表明:在贮藏初期,各种温度模式下桃果实后熟 3 d 后 LOX 活性均降低;5℃ 冷藏的桃果实在贮藏至 30 d 时出库,货架期 3 d 期间 LOX 活性急剧增加;0℃ 冷藏的果实从贮藏 30 d 起,20~30 d 货架期 3 d 后 LOX 活性开始增加;但在贮藏 60 d 内,8℃ 9 d 冷锻炼和 24℃ 3 d 预处理的桃果实在出库后 20~30 d 货架期期间的 LOX 活性均降低。这一结果表明,低温冷害可能会导致 LOX 活性的上升。

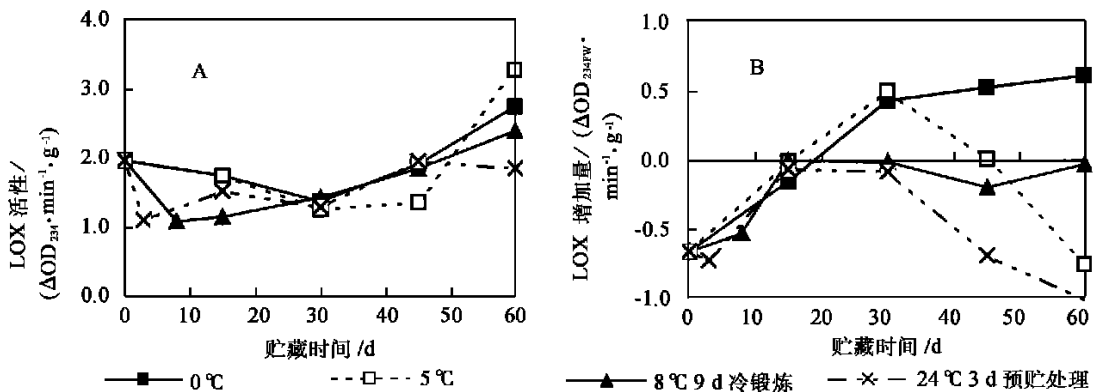


图 6 不同温度模式下大久保桃在贮藏期间(A)LOX 活性的变化及不同贮藏时间出库后 20~3 d 货架期间(B)LOX 增加量的变化(注:LOX 活性增加量 = 货架期 3 d 时 LOX 活性 - 货架期 0 d 时 LOX 活性)

3 讨论

桃果实在低温贮藏过程中产生冷害的重要特征之一是果实不能正常软化,品质劣变^[12]。如何保持桃果实在低温贮藏后仍具有一定的货架期并且能够后熟软化,需要对桃果实在不同贮藏温度模式下的

品质变化与出库后货架期的变化进行系统研究。一般说来,冷害程度随着贮藏温度的降低而逐渐加深,但桃果实对低温的反应有其特殊性,据报道它在 2.2~7.6℃ 容易产生冷害,0℃ 贮藏时冷害症状反而减轻^[13]。本实验将 5℃ 作为大久保桃果实产生冷害的贮藏温度,结果显示:大久保在 5℃ 贮藏温度下发生

冷害的时间是 15 d;而 0 ℃ 冷藏的大久保桃在贮藏 30 d 时开始产生轻微的冷害症状,45 d 时才出现果实出库后软化能力下降、出汁率下降、组织电导率增大等明显的冷害症状。大久保桃果实不同贮藏温度下发生冷害的起始时间,在前人的研究中未见详细报道。

常温预贮处理能够延缓桃果实随后的低温贮藏过程中冷害的产生,如贮前于 26 ℃ 处理 2~3 d,可使冷害症状延迟 2 周出现^[14]。20 ℃ 2 d 预贮处理能够延缓油桃(*Prunus persica* var. *nectarina*)果实絮败的发生^[15]。本文研究发现,虽然 24 ℃ 预贮 3 d 有利于减轻大久保桃在低温冷藏期间的伤害,但由于该处理显著促进了果实的后熟软化,导致果实的商品性能严重下降,失去应用价值。本研究采用的另一种温度模式是大久保桃采后先在 8 ℃ (冷害温度以上)下经过 9 d 冷锻炼,然后再在 0 ℃ (冷害温度以下)下冷藏,结果表明:大久保桃在这一模式下保持了一定的硬度和 SSC,组织电导率和出汁率较稳定,出库后能够正常后熟软化,在预防了冷害的同时,较好地保持了大久保桃的品质。2003 年作者采用冷锻炼温度模式进行了扩大试验,取得了较好的效果。在柠檬(*Citrus limon* L.)、马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)、番茄(*Lycopersicon esculentum* L. Mill.)、西瓜(*Citrullus vulgaris* Schrad)、木瓜(*Carica papaya* L.)等果蔬上已经得到冷锻炼能够减轻冷害的结果^[13],但目前未见有通过冷锻炼延缓或减轻大久保桃果实冷害的报道。

最近的研究发现,LOX 是果实采后成熟和衰老过程中的重要酶,该酶以亚油酸和亚麻酸为底物,生成的过氧化产物能够导致膜脂过氧化,破坏膜的完整性^[16]。番茄果实的成熟过程中,果实内 LOX 活性增加,如果用外源 LOX 处理番茄果实可增加组织的电导率,加速番茄果实的成熟衰老^[17]。本研究表明:0 ℃ 和 5 ℃ 冷藏的大久保桃果实中 LOX 活性的变化在贮藏前期变化比较平稳,在贮藏后期上升明显;而在 0 ℃ 和 5 ℃ 冷藏大久保桃果实组织电导率分别在贮藏 30 d 和 15 d 后快速升高,说明 LOX 活性的升高可能不是引起组织电导率升高的直接原因;但桃果实贮藏 30 d 后出库在 20 ℃ 下 3 d 时,0 ℃ 和 5 ℃ 贮藏桃果实的 LOX 活性明显上升,这一结果与果

实的其它冷害症状相一致。关于桃果实冷害、LOX 活性变化、膜脂过氧化以及膜透性的关系,还需要后续研究。

参考文献:

- [1] 王友升,王贵禧.冷害桃果实品质劣变及其控制措施[J].林业科学研究,2003,16(4):465~472
- [2] Parkin KL,Marangoni A,Jackman R,et al. Chilling injury:A review of possible mechanism[J].Journal of Food Biochemistry,1989,13:127~153
- [3] Wang C Y. Physiological and biochemical responses of plants to chilling stress[J]. Hort Science,1982,17:173~186
- [4] 吕昌文,修德仁,齐灵.桃的采后生理研究及其探讨[J].天津农业科学,1993,2:14~16
- [5] Crisosto C H,Mitchell F G,Ju Z G,et al. Susceptibility to chilling injury of peach,nectarine, and plum cultivars grown in California [J]. Hort Science,1999,34(6):1116~1118
- [6] Dawson D M,Wathins C B. Intermittent warming affects cell wall composition of 'Fantasia' nectarines during ripening and storage [J]. J Amer Soc Hort Sci,1995,129(6):1057~1062
- [7] Lizana L A, Fell J C,Luchsinger L. E Influence of postharvest temperature and controlled atmosphere conditioning on 'O'Henry' peach storage disorders[J]. Acta Horti,1998,464:527~527
- [8] SB/T 10090—1992,中华人民共和国商业行业标准:鲜桃[S]
- [9] Buescher R W,Furmanski R J. Role of pectinesterase and polygalacturonase in the formation of woolliness in peaches[J].J Food Sci,1978,43:264~266
- [10] 吴敏,陈昆松,张上隆.桃果实采后成熟过程中脂氧合酶活性变化[J].园艺学报,1999,26(4):227~231
- [11] Pérez A G,Sanz C,Olás R,et al. Lipoxigenase and hydroperoxide lyase activities in ripening strawberry fruits[J] Agric Food Chem,1999,47:249~253
- [12] Artes F,Ferenadez-Trujillo J P,Cano A. Juice characteristics related to woolliness and ripening during postharvest storage of peaches[J]. Ziebensm Unders forsh,1999,208(4):282~288
- [13] Lill R E,O'Donoghue EM,King GA. Postharvest physiology of peaches and nectarines[J]. Horticultural Reviews,1989,11:413~452
- [14] Guefat-Reich S,Ben-Arie R. Effect of delayed storage and the stage of maturity at harvest on the keeping quality of peaches in Israel[J]. Israel Journal of Agricultural Research,1966,16:163~17
- [15] Zhou H W,Lurie S,Lers A,et al. Delayed storage and controlled atmosphere storage of nectarines:two strategies to prevent woolliness[J]. Postharvest Biology and Technolgy,2000,18:133~141
- [16] Fobel M,Lynch D V,Thompson J E. Membrane deterioration in senescing carnation flowers[J]. Plant Physiology,1987,85:204~211
- [17] 罗云波.脂氧合酶与番茄成熟衰老的关系[J].园艺学报,1994,21(4):357~360