

网络出版时间:2016-10-20 16:36

DOI:10.13207/j.cnki.jnwfufu.2016.12.020

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20161020.1636.040.html>

逐步降温对哈密瓜果实采后冷害、品质及内源激素的影响

张 婷^{1,2}, 车凤斌², 潘 俨², 徐 斌², 饶景萍¹

(1 西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100; 2 新疆农业科学院 农产品贮藏加工研究所, 新疆 乌鲁木齐 830091)

[摘 要] 【目的】探讨逐步降温处理对‘86-1’哈密瓜果实采后冷害、品质及内源激素含量的影响, 为新疆哈密瓜采后低温贮运保鲜提供参考。【方法】以‘86-1’哈密瓜果实为研究对象, 研究直接降温($(1 \pm 0.5)^\circ\text{C}$, 对照)和逐步降温($(8 \pm 0.5)^\circ\text{C}$, $1\text{ d} \rightarrow (5 \pm 0.5)^\circ\text{C}$, $3\text{ d} \rightarrow (3 \pm 0.5)^\circ\text{C}$, $3\text{ d} \rightarrow (1 \pm 0.5)^\circ\text{C}$)处理对其采后贮藏过程中的冷害指数、冷害率以及果实硬度、可溶性固形物、可滴定酸、维生素 C、脱落酸(ABA)、吲哚乙酸(IAA)、赤霉素(GA)、玉米素(ZR)含量的影响。【结果】逐步降温处理可使‘86-1’哈密瓜果实的冷害发生时间推迟 42 d, 贮藏 63 d 后冷害率仅为对照的 10.53%。逐步降温处理显著抑制‘86-1’哈密瓜果实的硬度和维生素 C 含量的下降, 贮藏 49 d 时, 逐步降温、对照处理的果实硬度分别下降了 39.37% 和 45.48%, 贮藏 63 d 时, 以上两组处理的果实维生素 C 含量分别下降了 56.17% 和 73.42%; 但逐步降温、对照处理对可溶性固形物和可滴定酸含量的影响不明显, 贮藏 63 d 后, 逐步降温、对照处理的果实可溶性固形物含量分别下降至 8.52% 和 8.07%, 下降幅度分别为 31.57% 和 35.18%; 两组处理的果实在整个贮藏期内可滴定酸含量基本维持在 $0.085\% \sim 0.112\%$; 贮藏 14~63 d, 与对照相比, 逐步降温处理的果实中 ABA、IAA、GA 及 ZR 含量维持在较高水平。【结论】逐步降温处理($(8 \pm 0.5)^\circ\text{C}$, $1\text{ d} \rightarrow (5 \pm 0.5)^\circ\text{C}$, $3\text{ d} \rightarrow (3 \pm 0.5)^\circ\text{C}$, $3\text{ d} \rightarrow (1 \pm 0.5)^\circ\text{C}$)能有效延缓及控制‘86-1’哈密瓜果实采后冷害的发生, 提高果实内源激素的水平, 较好地保持果实品质。

[关键词] 哈密瓜; 逐步降温; 冷害; 果实品质; 内源激素

[中图分类号] S652.109⁺.3

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2016)12-0143-07

Effects of gradual cooling treatment on chilling injury, quality and endogenous hormones of Hami melon (*Cucumis melo* L.) fruits

ZHANG Ting^{1,2}, CHE Fengbin², PAN Yan², XU Bin², RAO Jingping¹

(1 College of Horticulture, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2 Research Institute of Farm Products Storage and Processing, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi, Xinjiang 830091, China)

Abstract: 【Objective】This study investigated effects of gradual cooling treatment on chilling injury, quality and endogenous hormones of ‘86-1’ Hami melon (*Cucumis melo* L.) fruits to improve storage and transportation under low-temperature after harvest. 【Method】Fruits of ‘86-1’ Hami melon were tested with direct cooling ($(1 \pm 0.5)^\circ\text{C}$, control) and gradual cooling treatments ($(8 \pm 0.5)^\circ\text{C}$, $1\text{ d} \rightarrow (5 \pm 0.5)^\circ\text{C}$, $3\text{ d} \rightarrow (3 \pm 0.5)^\circ\text{C}$, and $3\text{ d} \rightarrow (1 \pm 0.5)^\circ\text{C}$) to investigate the changes of chilling injury index, chilling injury incidence, firmness, and contents of soluble solid, titratable acidity, vitamin C, endogenous abscisic acid (ABA), gibberellin (GA), indole acetic acid (IAA), and Zeatin (ZR) of ‘86-1’ Hami melon (*C. melo*

〔收稿日期〕 2015-07-01

〔基金项目〕 国家科技支撑计划项目(2015BAD19B0104, 2011BAD27B01); 新疆农科院青年基金项目(xjnkq-2013035)

〔作者简介〕 张 婷(1980—), 女, 陕西眉县人, 在读博士, 主要从事园艺产品采后生理及贮藏保鲜研究。

〔通信作者〕 饶景萍(1957—), 女, 陕西城固人, 教授, 硕士, 博士生导师, 主要从事园艺产品采后生理及贮藏保鲜研究。

L.) fruits. 【Result】 Gradual cooling treatment could delay the chilling injury 42 days later than the control, and the chilling injury incidence was 10.53% of control after 63 days; Gradual cooling treatment markedly inhibited the decline of firmness and vitamin C content, the firmness of gradual cooling treatment and the control declined 39.37% and 45.48% at 49 days, and vitamin C content of them declined 56.17% and 73.42% at 63 days, respectively. But there was no effects on soluble solid content and titratable acidity, the two treatments decreased 8.52% and 8.07%, the degree of declining was 31.57% and 35.18% after 63 days, respectively. The titratable acidity of them remained at 0.085%–0.112% during storage. Compared with control, gradual cooling treatment maintained higher level of abscisic acid (ABA), indole acetic acid (IAA), gibberellin (GA) and Zeatin (ZR) of ‘86-1’ Hami melon (*C. melo* L.) fruits from 14 days to 63 days. 【Conclusion】 Gradual cooling treatments ($(8\pm0.5)^\circ\text{C}$, 1 d $\rightarrow(5\pm0.5)^\circ\text{C}$, 3 d $\rightarrow(3\pm0.5)^\circ\text{C}$, and 3 d $\rightarrow(1\pm0.5)^\circ\text{C}$) effectively delayed and controlled the incidence of chilling injury, improved endogenous hormones, and maintained high fruit quality of ‘86-1’ Hami melon (*C. melo* L.) fruits.

Key words: Hami melon; gradual cooling; chilling injury; fruit quality; endogenous hormone

哈密瓜(*Cucumis melo* L.)属葫芦科,甜瓜属,厚皮甜瓜类,是新疆主要的园艺特产之一,其肉质松脆,味道香甜,风味浓郁,营养丰富,深受国内外消费者的喜爱^[1]。由于其生产地域性和季节性较强,常温运输距离长,采后果实衰老和品质劣变迅速,腐烂严重,货架期短。低温冷藏虽能显著抑制哈密瓜果实采后品质劣变,延长其贮藏期,但 3°C 以下低温贮藏容易导致果实冷害发生,直接降低了果实的品质和商品价值,从而限制了哈密瓜果实的冷藏期^[2]。因此,研究哈密瓜果实采后冷害控制技术及其发生机制,进而延长其低温贮藏期及货架期,具有重大的现实意义。

逐步降温是一种冷锻炼或冷驯化,因其无毒无害、无污染、无化学残留而又操作简单,已在番茄^[3]、鳄梨^[4]、枇杷^[5]、石榴^[6]、水蜜桃^[7]和猕猴桃^[8]等多种果蔬冷害控制的研究上获得明显的效果。然而,逐步降温处理减轻冷害的机理尚不十分清楚,国内外有关逐步降温处理对内源激素的影响报道甚少,仅见冷锻炼处理显著提高了马铃薯^[9]、南瓜^[10]、猕猴桃^[11]等果蔬中的脱落酸(ABA)、吲哚乙酸(IAA)及赤霉素(GA)的含量进而提高了果蔬抗冷性的报道,逐步降温处理是否可以延缓及控制哈密瓜果实采后冷害尚未见报道,是否与果实的内源激素含量有关还不清楚。因此,本研究以哈密瓜‘86-1’品种果实为试材,研究逐步降温处理对果实冷藏过程中冷害、品质及内源激素的影响,以期为逐步降温处理在哈密瓜低温贮运保鲜中的应用提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料处理

供试哈密瓜品种‘86-1’于2014-08-28采自新疆

阿勒泰市二牧场,采收时果实可溶性固形物(SSC)含量均达到12%~13%,采后24 h内运回新疆农业科学院农产品贮藏加工研究所冷库。选择大小均匀、无病虫害、无机械损伤的果实,随机将果实分成2组,分别进行如下处理:(1)对照组(Control),将果实直接放入 $(1\pm0.5)^\circ\text{C}$ 的冷库中进行贮藏;(2)逐步降温(Gradual cooling)处理组,先将果实放入 $(8\pm0.5)^\circ\text{C}$ 的冷库中1 d,待果心温度达到设定温度后,将库温降至 $(5\pm0.5)^\circ\text{C}$ (每隔12 h降低 2.5°C),此条件下贮藏3 d,再将库温降至 $(3\pm0.5)^\circ\text{C}$ 继续贮藏3 d,最后库温降至 $(1\pm0.5)^\circ\text{C}$ 继续贮藏56 d,共贮藏63 d。每组3个重复,每个重复用果60个。

将以上2组处理果实均置于容量为 6 m^3 的冷库中,库内相对湿度控制在75%~80%。入库当天及此后每7 d随机取3个果实用于相关指标测定,各个指标测定均重复3次;同时每重复取3个果实放置于室温($20\sim25^\circ\text{C}$)3 d后,观察并统计冷害指数和冷害率。

1.2 测定项目及方法

1.2.1 冷害指数及冷害率 冷害指数参考Bi等^[12]的方法估算。冷害程度分为5级:0级,无冷害发生;1级,冷害发生面积 $\leq 10\%$;2级, $10\% <$ 冷害发生面积 $\leq 25\%$;3级, $25\% <$ 冷害发生面积 $\leq 50\%$;4级,冷害发生面积 $> 50\%$ 。冷害指数= $\Sigma(\text{冷害果实数} \times \text{冷害级数})/(\text{总果实数} \times \text{最高冷害级数})$;冷害率=冷害果实数/总果实数 $\times 100\%$ 。

1.2.2 果实硬度及可溶性固形物(SSC)、可滴定酸、维生素C含量 果实硬度采用GY-1型水果硬度计(探头直径10 mm,探头深度10 mm)测定,在赤道处将瓜切成两半,在果皮向内1 cm处取8个点

分别测定果肉的硬度,取其平均值,单位为“kg/cm²”;可溶性固形物含量用 TD-45 型手持式折光仪测定;可滴定酸含量采用酸碱滴定法测定;维生素 C 含量参考 GB/T 5009.86 测定。

1.2.3 内源激素(ABA、GA、IAA 及 ZR)含量 内源激素提取参照丁静等^[13]的方法,并按 Zhao 等^[14]的方法测定含量。

1.3 数据处理

采用 Excel 2003 处理试验数据,采用 Sigma-

Plot 12.0 做图,用 SPSS 20.0 进行数据差异性分析,差异显著性比较采用 LSD 法。

2 结果与分析

2.1 逐步降温处理对‘86-1’哈密瓜果实冷害的影响

由图 1-A 和图 1-B 可以看出,‘86-1’哈密瓜果实低温贮藏过程中冷害指数和冷害率均逐步增大。

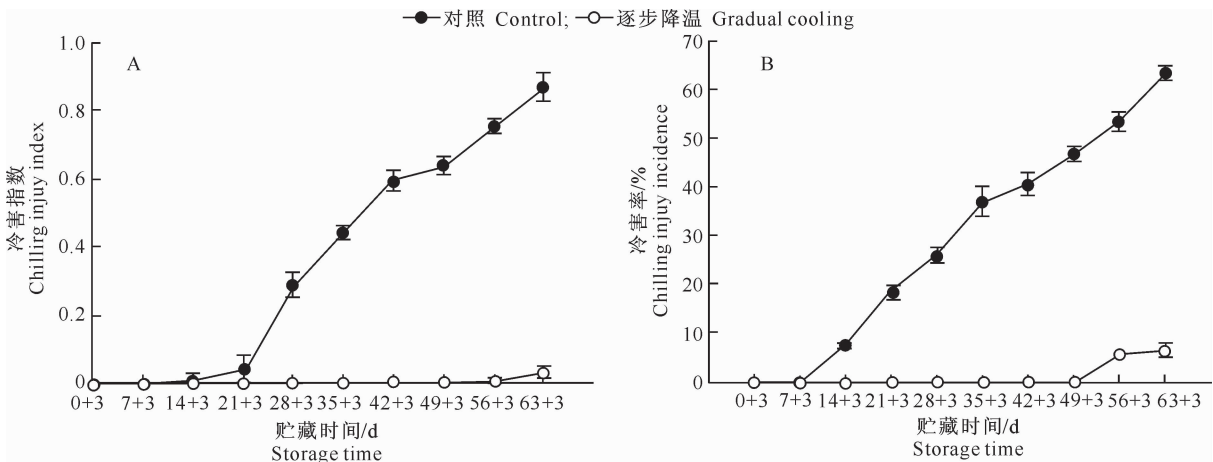


图 1 逐步降温处理对‘86-1’哈密瓜果实冷害指数(A)和冷害率(B)的影响
Fig.1 Effect of gradual cooling treatment on chilling injury index(A)and chilling injury incidence (B) of ‘86-1’ Hami melon(*Cucumis melo* L.) fruits

由图 1 可知,对照组‘86-1’哈密瓜果实贮藏 14 d 后再移至常温保存 3 d,此时个别果实出现冷害,随着低温胁迫时间的延长,果实冷害加重,至贮藏结束时,冷害指数从 0.011 上升至 0.87,果实冷害率由 7.41% 上升至 63.33%;逐步降温处理‘86-1’哈密瓜果实在贮藏 49 d 再移至常温 3 d 后,个别果实开始出现轻微的冷害症状,冷害出现的时间比对照推迟了 42 d。贮藏 63 d 时,逐步降温处理的冷害率仅为对照的 10.53%。整个贮藏过程中,逐步降温处理的‘86-1’哈密瓜果实冷害指数和冷害率均显著低于对照,二者间差异达到极显著水平($P<0.01$),表明逐步降温处理可以显著抑制‘86-1’哈密瓜果实冷害的发生。

2.2 逐步降温处理对‘86-1’哈密瓜果实品质的影响

由图 2-A 可以看出,随着贮藏时间的延长,‘86-1’哈密瓜果实的硬度呈现逐渐下降的趋势,且逐步降温处理的果实硬度在整个贮期内始终高于对照。贮藏初期(0 d),‘86-1’哈密瓜果实的硬度为 4.42 kg/cm²,贮藏至 49 d 时,对照果实的硬度下降为

2.41 kg/cm²,下降了 45.48%,而逐步降温处理的果实硬度下降为 2.68 kg/cm²,下降了 39.37%,可见逐步降温处理可以显著抑制贮藏前 49 d‘86-1’哈密瓜果实硬度的下降($P<0.05$),但对贮藏后期(49~63 d)果实的硬度影响不显著,这可能与贮藏后期果实病害发生引起的果实品质下降有关。

图 2-B 显示,随着贮藏时间的延长,‘86-1’哈密瓜果实的可溶性固形物含量呈现逐渐下降的趋势。贮藏 0 d 时,‘86-1’哈密瓜果实的可溶性固形物含量为 12.45%,至贮藏结束时,对照、逐步降温处理的果实可溶性固形物含量分别下降至 8.07% 和 8.52%,下降幅度分别为 35.18% 和 31.57%,两者间差异不显著($P>0.05$)。可见逐步降温处理对‘86-1’哈密瓜果实的可溶性固形物含量影响较小。

图 2-C 显示,‘86-1’哈密瓜果实的可滴定酸含量在低温贮藏过程中呈现先上升后下降的趋势,且逐步降温处理的果实可滴定酸含量始终高于对照。贮藏前期,逐步降温处理与对照果实的可滴定酸含量虽出现小幅上升,但整个贮期内,‘86-1’哈密瓜果实的可滴定酸含量基本维持在 0.085%~0.112%,

两组处理间的差异也不显著($P>0.05$),表明逐步降温处理对‘86-1’哈密瓜果实的可滴定酸含量影响不显著,对果实的风味影响较小。

图 2-D 显示,‘86-1’哈密瓜果实的维生素 C 含量在低温贮藏过程中呈现逐渐下降趋势,且逐步降温处理的果实维生素 C 含量在整个贮期内始终高于对照。贮藏 14 d 时,逐步降温处理与对照的果实维生素 C 含量下降幅度较小,分别由初期的 13.10

mg/hg 下降为 11.06 和 10.62 mg/hg,贮藏 14 d 以后果实维生素 C 含量下降较快,至 63 d 时,尤其是对照果实维生素 C 含量由初始 13.10 mg/hg 下降至 3.78 mg/hg,下降了 73.42%,这可能与‘86-1’哈密瓜果实的冷害发生有关;逐步降温处理的果实维生素 C 含量降幅较小,仅为 56.17%。可见,逐步降温处理可显著($P<0.05$)抑制贮藏过程中果实维生素 C 含量的下降。

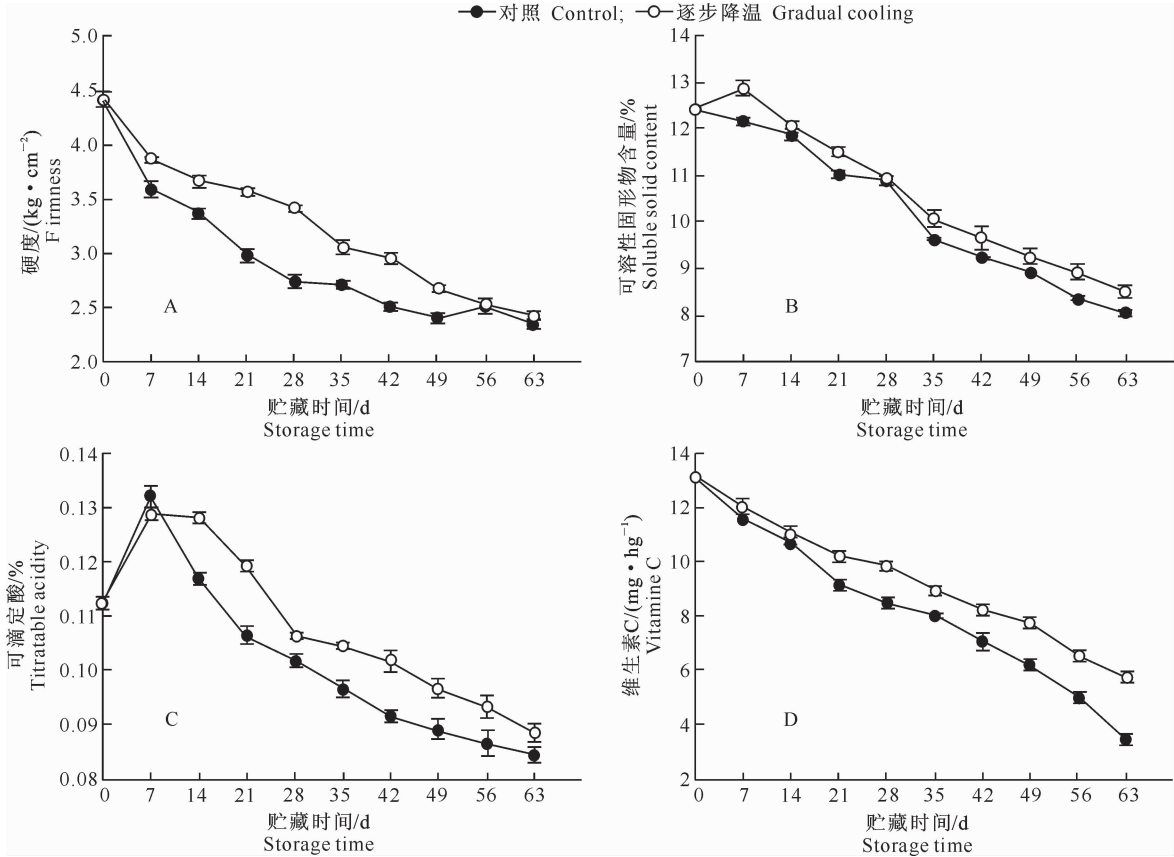


图 2 逐步降温处理对‘86-1’哈密瓜果实硬度(A)、可溶性固形物含量(B)、可滴定酸(C)和维生素 C(D)含量的影响

Fig. 2 Effect of gradual cooling treatment on firmness(A),soluble solid (B),titratable acidity (C) and vitamin C (D) of ‘86-1’Hami melon(*Cucumis melo* L.) fruits

2.3 逐步降温处理对‘86-1’哈密瓜果实内源激素含量的影响

由图 3-A 可以看出,‘86-1’哈密瓜果实的 ABA 含量在冷藏过程中呈现先上升后下降的趋势。贮藏 0~28 d,逐步降温处理与对照果实中的 ABA 含量逐渐上升,在贮至 28 d 时均达到峰值,分别为 106.11 和 97.21 ng/g;贮藏 28 d 以后,两组处理果实中的 ABA 含量逐渐下降。与对照相比,逐步降温处理在贮藏过程中可促进 ABA 含量的上升并抑制后期 ABA 含量的下降。整个贮期内,逐步降温处理的‘86-1’哈密瓜果实中 ABA 含量始终高于对

照,且在贮藏 14~49 d 二者差异达到显著水平($P<0.05$)。

由图 3-B 可以看出,‘86-1’哈密瓜果实的 IAA 含量在冷藏过程中表现为先升后降的趋势。对照处理的哈密瓜果实 IAA 含量在贮藏 7 d 时达到峰值 63.86 ng/g,而逐步降温处理的哈密瓜果实 IAA 含量在贮藏 14 d 时达到峰值 65.25 ng/g;贮藏 14~63 d,两组处理的‘86-1’哈密瓜果实中 IAA 含量逐渐下降,下降幅度分别为 87.81% 和 70.19%,逐步降温处理的 IAA 含量始终显著($P<0.05$)高于对照,表明逐步降温处理可有效延缓‘86-1’哈密瓜果实

IAA 含量的下降,提高果实的抗冷性。

由图 3-C 可以看出,‘86-1’哈密瓜果实的 GA 含量在冷藏过程中逐步下降,逐步降温处理的哈密瓜果实 GA 含量始终高于对照,表明逐步降温处理抑制了‘86-1’哈密瓜果实中 GA 含量的下降;贮藏 14 d 后,逐步降温处理果实中的 GA 含量显著($P<0.05$)高于对照,表明高水平的 GA 有助于提高‘86-

1’哈密瓜果实的抗冷性。

由图 3-D 可知,‘86-1’哈密瓜果实的 ZR 含量在冷藏过程中总体呈下降趋势,逐步降温处理的哈密瓜果实 ZR 含量始终高于对照,且贮藏 7 d 后,逐步降温处理与对照的 ZR 含量差异显著($P<0.05$),表明逐步降温处理可以抑制‘86-1’哈密瓜果实低温贮藏中 ZR 含量的下降,从而提高果实的抗冷性。

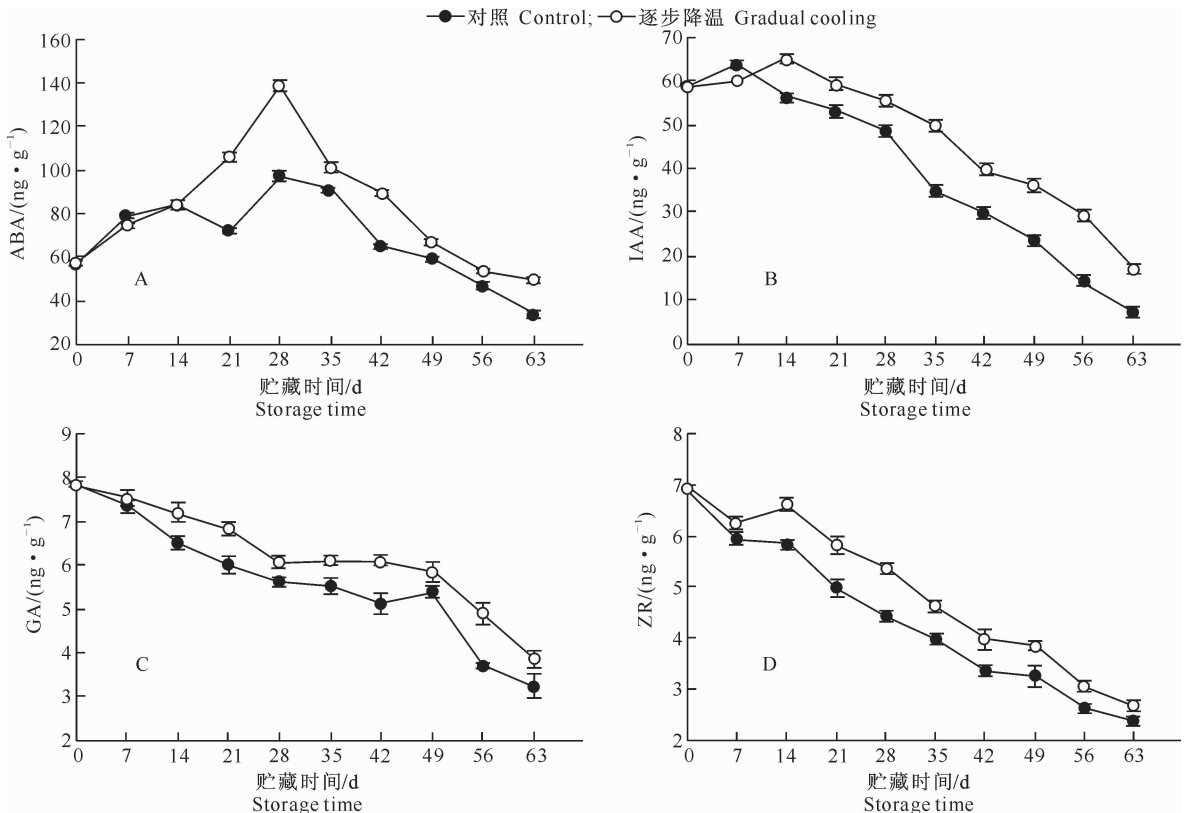


图 3 逐步降温处理对‘86-1’哈密瓜果实 ABA(A)、IAA(B)、GA(C)和 ZR(D)含量的影响

Fig. 3 Effect of gradual cooling treatment on contents of ABA (A), IAA(B), GA (C) and ZR (D) of ‘86-1’ Hami melon(*Cucumis melo* L.) fruits

3 讨论

哈密瓜起源于中部非洲热带地区,果实对温度较敏感,在冰点以上低温环境中容易发生代谢失调和细胞伤害,即冷害。冷害的发生严重影响了果实的商品性、抗病性和耐藏性^[15]。‘86-1’是新疆的主栽中晚熟哈密瓜品种之一,采后 1 ℃贮藏 14 d,移至常温 3 d 后出现冷害,冷害发生极大地影响其硬度、风味及营养物质的下降^[2]。逐步降温是哈密瓜逐渐适应低温防止冷害发生的冷锻炼/预冷过程。‘86-1’哈密瓜果实在逐渐适应低温的过程中,一方面将大量的田间热散去,另一方面是愈伤的过程,第三方面可能启动了果实的防御系统,这将有助于提高果

实的抗冷性。本研究结果发现,逐步降温处理可使‘86-1’哈密瓜果实低温贮藏过程中冷害的发生推迟 42 d,显著降低低温贮藏过程中果实的冷害指数和冷害率($P<0.05$),抑制果实硬度及维生素 C 含量的下降,但对可溶性固形物及可滴定酸含量的影响不大。可见,逐步降温处理能提高冷敏性果实对低温的抗冷能力,从而有效减轻果实冷害发生,提高果实品质,这一结果与前人对鳄梨^[4]、水蜜桃^[7]及猕猴桃^[8]等果蔬的研究报道基本一致。

大量研究表明,植物体内的脱落酸(ABA)、生长素(IAA)、赤霉素(GA)、细胞分裂素(CTK)及乙烯(Eth)含量对植物的抗冷性有重大影响^[16]。低温逆境胁迫能够促使植物组织内激素含量和活性发生

变化,并通过这些变化来影响生理过程^[17-18]。ABA 对植物的抗冷性具有重要的调节作用,低温锻炼或外源 ABA 处理可通过改变植物体内 ABA 的平衡状况来诱导基因的表达,以提高抗冷能力^[19]。研究发现,马铃薯^[9]低温锻炼 4 d 时,其内源 ABA 含量增加近 3 倍,可抵抗-5℃的冻害,15 d 低温锻炼后,可抵抗-15℃的冻害;南瓜经 12℃低温锻炼 3 d 后,体内 ABA 含量增高,果实抗冷性提高;猕猴桃^[11]经 12℃低温冷锻炼 3 d 后,果实内源 ABA 含量增加,抗冷性增强。本试验结果表明,逐步降温处理通过提高‘86-1’哈密瓜果实内源 ABA 含量,增强其抗冷性,这可能与诱导了相关抗冷基因的表达,从而提高了果实的抗冷性有关。然而哈密瓜果实中高水平的内源 ABA 含量是否与其抗冷性直接相关,仍需进一步研究验证。

生长素(IAA)与低温胁迫关系密切。Wang 等^[20]研究发现,芒果低温冷藏过程中,通过减少 IAA 含量提高其抗冷能力;然而郭时印等^[21]和 Yang 等^[11]研究发现,提高果实中的 IAA 含量,有利于提高柰李和猕猴桃果实的抗冷性。本试验结果表明,整个贮藏过程中,逐步降温处理的 IAA 含量总体高于对照,果实的冷害率和冷害指数低于对照,表明与对照相比,逐步降温处理有利于提高‘86-1’哈密瓜果实的 IAA 含量,从而减轻了果实冷害的发生,这与前人对猕猴桃^[11]等果蔬的研究报道基本一致。

赤霉素(GA)是抑制果实成熟的一类激素,与植物抗寒能力有关。研究发现,耐冷性较强的植物 GA 含量一般低于耐冷性弱的植物。外施 GA 会显著降低植物的抗寒力;降低内源 GA 含量有利于提高菠萝的抗冷能力^[22];然而 Wang 等^[20]的报道表明,提高 GA 含量有利于提高芒果的抗冷能力。本试验研究发现,‘86-1’哈密瓜果实低温贮藏过程中 GA 含量逐渐降低,逐步降温处理 GA 含量高于对照,可见逐步降温处理通过提高‘86-1’哈密瓜果实中的 GA 含量增强其抗冷性,这与前人对芒果^[20]及柰李^[21]果实的报道一致,但与对菠萝^[22]、猕猴桃^[11]等果实的报道不一致,其原因有待于进一步研究。

玉米素(ZR)是一种细胞分裂素,有关细胞分裂素与植物抗冷性的报道较少。本试验研究表明,随着低温贮藏时间的延长,‘86-1’哈密瓜果实的 ZR 含量逐渐降低,逐步降温处理的果实 ZR 含量高于对照,表明逐步降温处理可提高 ZR 含量,从而增强果实的抗冷性,这与前人对猕猴桃等^[11]果蔬的研究

报道一致。但郭时印等^[21]认为,柰李果实的冷害发生与 ZR 含量没有必然联系,ZR 含量究竟与果实抗冷性之间有无关系,值得探讨。

可见,内源激素对冷敏型果实低温胁迫生理的调控是一个非常复杂的过程,该过程不仅取决于某种激素的消长及其绝对浓度的变化,内源激素间的互动也特别重要。‘86-1’哈密瓜果实采后冷害发生与各内源激素间的相关性,还需进一步验证,逐步降温处理提高‘86-1’哈密瓜果实抗冷性的机理值得进一步探讨。

4 结 论

逐步降温处理($(8 \pm 0.5)^\circ\text{C}$, 1 d $\rightarrow(5 \pm 0.5)^\circ\text{C}$, 3 d $\rightarrow(3 \pm 0.5)^\circ\text{C}$, 3 d $\rightarrow(1 \pm 0.5)^\circ\text{C}$)可以延缓和减轻‘86-1’哈密瓜果实冷害的发生,较好地保持了果实的品质,可用于‘86-1’哈密瓜果实采后预冷或贮藏保鲜。

[参考文献]

- [1] 李 萍,车凤斌,胡柏文,等. 气调贮藏不同气体比例对哈密瓜 86-1 贮期品质及生理活性的影响 [J]. 新疆农业科学, 2010, 47 (1): 104-109.
Li P, Che F B, Hu B W, et al. Effect of different air condition on the quality and physiological activity of postharvest 86-1 melon during storage [J]. Xinjiang Agricultural Science, 2010, 47(1): 104-109.
- [2] 张 婷,陈 娟,潘 俨,等. 不同贮藏温度对采后 86-1 哈密瓜果实冷害及品质的影响 [J]. 食品工业科技, 2014, 36(3): 345-348.
Zhang T, Chen J, Pan Y, et al. The influence on chilling injury and quality of postharvest 86-1 Hami melon (*Cucumis melo* L.) fruit under different storage temperatures [J]. Science and Technology of Food Industry, 2014, 36(3): 345-348.
- [3] Lurie S, Sabehat A. Prestorage temperature manipulations to reduce chilling injury in tomatoes [J]. Postharvest Biology and Technology, 1997a, 11: 57-62.
- [4] Woolf A B, Cox K A, White A, et al. Low temperature conditioning treatments reduce external chilling injury of ‘Hass’ avocados [J]. Postharvest Biology and Technology, 2003, 28: 113-122.
- [5] Cai C, Xu C J, Shan L L, et al. Low temperature conditioning reduces postharvest chilling injury in loquat fruit [J]. Postharvest Biology and Technology, 2006, 41: 252-259.
- [6] 赵迎丽,李建华,施俊凤,等. 缓慢降温对石榴果实冷害发生及生理变化的影响 [J]. 中国农学通报, 2009, 25(18): 102-105.
Zhao Y L, Li J H, Shi J F, et al. Effects of slow cooling treatment on chilling injury and physiological changes of pomegranate fruit during cold storage [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2009, 25(18): 102-105.

- [7] 蔡 琰,余美丽,邢宏杰,等. 低温预贮处理对冷藏水蜜桃冷害和品质的影响 [J]. 农业工程学报,2010,26(6):334-338.
Cai Y, Yu M L, Xing H J, et al. Effects of low temperature conditioning on chilling injury and quality of cold-stored juicy peach fruit [J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(6): 334-338.
- [8] 杨青珍,饶景萍,王玉萍. ‘徐香’猕猴桃采收后逐步降温处理对果实冷害、品质和活性氧代谢的影响 [J]. 园艺学报,2013,40(4):651-662.
Yang Q Z, Rao J P, Wang Y P. Effects of different cooling modes on chilling injury, quality and active oxygen metabolism in harvested ‘Xuxiang’ kiwifruits [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2013, 40(4): 651-662.
- [9] Tony H, Chen H, Gusta L A. Absciscic acid induced freezing resistance in cultured plant cells [J]. Plant Physiology, 1983, 73: 71-75.
- [10] Wang C Y. Effect of absciscic acid on chilling injury of zucchini squash [J]. Journal of Plant Growth Regulation, 1991, 10: 101-105.
- [11] Yang Q Z, Zhang Z K, Rao J P, et al. Low-temperature conditioning induces chilling tolerance in ‘Hayward’ kiwifruit by enhancing antioxidant enzyme activity and regulating endogenous hormones levels [J]. Journal of Science Food Agriculture, 2013, 93: 3691-3699.
- [12] Bi Y, Tian S P, Lui H X, et al. Effect of temperature on chilling injury, decay and quality of Hami melon during storage [J]. Postharvest Biology and Technology, 2001, 29: 229-232.
- [13] 丁 静,沈镇德,方亦雄,等. 植物内源激素的提取分离和生物鉴定 [J]. 植物生理学通讯,1979,5(2):27-39.
Ding J, Shen Z D, Fang Y X, et al. Extraction and separation of endogenous hormones and bioassay in plant [J]. Plant Physiology Communications, 1979, 5(2): 27-39.
- [14] Zhao J, Li G, Xiang G, et al. Comparison between conventional indirect competitive enzyme-linked immunosorbent assay (icELISA) and simplified icELISA for small molecules [J]. Analytica Chimica Acta, 2006, 571: 79-85.
- [15] 王 坚. 中国西瓜甜瓜 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 161.
Wang J. China watermelon and melon [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2000: 161.
- [16] 李合生. 现代植物生理学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.
Li H S. Modern plant physiology [M]. Beijing: Higher Education Press, 2002.
- [17] 罗自生. GA₃ 处理对采后竹笋木质化及内源激素水平的影响 [J]. 园艺学报, 2005, 32(3): 454-457.
Luo Z S. Effects of GA₃ treatment on lignification and endogenous hormone levels of postharvest bamboo shoots [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2005, 32(3): 454-457.
- [18] 苗金龙, 乜兰春, 石立哲, 等. 低温对芦笋萌芽及其激素含量的影响 [J]. 园艺学报, 2011, 38(1): 165-170.
Miao J L, Nie L C, Shi L Z, et al. Effect of low temperature on bud break and changes of endogenous hormones of asparagus [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2011, 38(1): 165-170.
- [19] 陈 伟, 苏新国, 郜海燕, 等. 低温对桃果实采后冷害及其内源激素的影响 [J]. 核农学报, 2013, 27(8): 1173-1178.
Chen W, Su X G, Gao H Y, et al. Effects of low temperature storage on chilling injure and endogenous hormones of post-harvest peach fruit [J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2013, 27(8): 1173-1178.
- [20] Wang B G, Wang J H, Liang H, et al. Reduced chilling injury in mango fruit by 2,4-dichlorophenoxyacetic acid and the antioxidant response [J]. Postharvest Biology and Technology, 2008, 48: 172-181.
- [21] 郭时印, 谭兴和, 李清明, 等. 热激处理对柰李抗冷性及其内源激素含量的影响 [J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2006(10): 509-512.
Guo S Y, Tan X H, Li Q M, et al. Effects of heat treatment on the chilling tolerance and endogenous phytohormones contents of Nai-plum fruits [J]. Journal of Hunan Agricultural University (Natural Sciences), 2006(10): 509-512.
- [22] Pusittigul I, Kondo S, Siriphanich J. Internal browning of pineapple (*Ananas comosus* L.) fruit and endogenous concentrations of absciscic acid and gibberellins during low temperature storage [J]. Scientia Horticulturae, 2012, 146: 45-51.