

采收成熟度结合不同低温对番茄采后贮藏品质的影响

易明玥, 罗峻渲, 杨域宁, 翟亚巍, 王清扬, 江峻峰, 王伟, 李学文*

(新疆农业大学 食品科学与药学学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要: 以番茄为试验材料, 研究不同温度 2~6 °C、6~10 °C、10~14 °C 对绿熟期、转色期和半红期番茄采后生理及品质的影响。分析番茄果实贮藏 30 d 期间失重率、硬度、可溶性固形物含量(soluble solids content, SSC)、可滴定酸(titratable acid, TA)含量、维生素 C 含量、呼吸强度、色度及叶绿素含量的变化。结果表明, 2~6 °C 贮藏温度下, 绿熟期和转色期番茄贮藏结束时番茄都未能正常转红, 表明此温度下不利于绿熟期和转色期番茄的贮藏; 6~10 °C 贮藏温度下, 绿熟期和转色期番茄在贮藏结束时可以正常转红, 但 SSC、TA 含量和 V_C 含量与半红期番茄存在明显差异, 所以 6~10 °C 贮藏也不利于绿熟期和转色期番茄的后熟软化; 10~14 °C 贮藏温度下, 绿熟期和转色期番茄可正常后熟软化, 且成熟后 SSC、TA 含量与半红期番茄无明显差异。综上, 10~14 °C 贮藏可以使绿熟期和转色期番茄正常后熟软化。

关键词: 番茄; 低温; 成熟度; 贮藏; 品质

Effects of Harvest Maturity Combined with Different Low Temperatures on the Postharvest Storage Quality of Tomatoes

YI Mingyue, LUO Junxuan, YANG Yuning, ZHAI Yawei, WANG Qingyang, JIANG Junfeng,

WANG Wei, LI Xuewen*

(College of Food Science and Pharmacy, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, Xinjiang, China)

Abstract: With tomatoes as experimental materials, this study investigated the effects of different temperatures 2–6 °C, 6–10 °C, and 10–14 °C on the postharvest physiology and quality of tomatoes at the green ripening, color-changing, and semi-red stages. The changes in weight loss rate, hardness, soluble solids content (SSC), titratable acid (TA) content, vitamin C content, respiration intensity, color, and chlorophyll content of the tomato fruits during 30 days of storage were analyzed. The results showed that tomatoes stored at 2–6 °C during the green ripening and color-changing stages failed to turn red normally by the end of storage, indicating that this temperature is not conducive to the storage of tomatoes at these stages. Tomatoes stored at 6–10 °C during the green ripening and color-changing stages could turn red normally by the end of storage, but there were significant differences in SSC, TA, and vitamin C contents compared with tomatoes at the semi-red stage, so storage at 6–10 °C is also not conducive to the post-ripening and softening of tomatoes at green ripening and color-changing stages. However, tomatoes stored at 10–14 °C during the green ripening and color-changing stages could undergo normal post-ripening and softening, and there was no significant difference in SSC and TA content between mature tomatoes and tomatoes at the semi-red stage. Therefore, storage at 10–14 °C can allow tomatoes at the green ripening and color-changing stages to soften normally after ripening.

Key words: tomato; low temperature; maturity; storage; quality

引文格式:

易明玥, 罗峻渲, 杨域宁, 等. 采收成熟度结合不同低温对番茄采后贮藏品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2024, 45(10):14-20.

YI Mingyue, LUO Junxuan, YANG Yuning, et al. Effects of Harvest Maturity Combined with Different Low Temperatures on the Postharvest Storage Quality of Tomatoes[J]. Food Research and Development, 2024, 45(10):14-20.

基金项目: 自治区重点研发计划项目(2022B02004-2)

作者简介: 易明玥(1998—), 女(汉), 硕士研究生, 研究方向: 农产品加工与贮藏。

*通信作者: 李学文(1964—), 男(汉), 教授, 博士, 研究方向: 农产品加工与贮藏。

番茄,俗称西红柿,是茄科茄属一年生或多年生草本植物,富含大量的 V_c ,深受大众喜爱。新疆是我国番茄最大的生产基地,2020年全疆番茄总产量达586.99万t。近年来,关于番茄采后保鲜技术的研究有很多,主要有低温保鲜^[1]、气调保鲜^[2]、超声波保鲜^[3]、热处理保鲜^[4]、变压保鲜^[5]、化学保鲜剂^[6]和生物保鲜^[6]等技术。气调保鲜和变压保鲜由于设备要求高、操作复杂、运行成本高而使得只有少数地方使用,化学保鲜存在辐射及化学残留污染等问题。所以低温保鲜仍是保持果蔬采后品质和延长果蔬采后寿命的有效途径,对人类健康和环境的负面影响最小^[7]。番茄属于热带或亚热带作物,对低温条件较敏感,长期处于低温会造成果实的冷害,引起一系列生理变化,例如刺激乙烯生产、细胞膜通透性和活性氧含量的增加、能量生产的干扰和细胞结构的改变^[8],这些变化会造成果实品质的劣变,如果实不能正常后熟软化和转色,出现凹陷、异味和腐烂等,从而失去商品的食用价值,这对番茄果实的运输和销售造成了损失。有研究表明冷害指数随着番茄果实的成熟度增高而降低,但采摘番茄的成熟度过高又不利于番茄的长时间运输^[9]。采收成熟度与果实的风味、色泽、营养品质密切相关^[10]。关于番茄果实采后的研究多以单一成熟度果实为研究对象,并未全面探明不同采收成熟度番茄果实的生理变化。本研究针对番茄采后生理代谢旺盛、成熟软化快、贮藏期短的问题,通过比较不同采收成熟度的番茄果实不同低温条件下的硬度、失重率、可溶性固形物含量、抗坏血酸含量、可滴定酸含量、色度、呼吸强度、叶绿素含量的变化,分析采收成熟度结合不同低温对番茄果实采后贮藏品质的影响,筛选适宜的果实成熟度、贮藏条件,建立番茄贮藏保鲜技术,为延长番茄贮藏期提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

供试番茄品种为美佳丽,于2022年7月19日采摘于新疆乌鲁木齐市三坪农场一管理良好的果园。选择3种不同的成熟度分别为绿熟期、转色期、半红期,挑选大小均匀,单果质量约为100g,外观典型,无病虫害,无机械损伤的果实立即运往实验室。

石英砂、碳酸钙粉、碳酸氢钠、氢氧化钠、邻苯二甲酸氢钾、草酸、甲醇、甲苯、无水乙醇、酚酞、丙酮:天津市致远化学试剂有限公司;抗坏血酸:天津市北联精细化学品开发有限公司;2,6-二氯酚靛酚钠盐:上海源叶生物科技有限公司。以上化学试剂均为分析纯。

1.2 仪器与设备

GY-4数显果实硬度计:衢州艾普计量仪器有限公司;PAL-1手持折光仪:日本ATAGO株式会社;NH310

高品质色差仪:深圳市三恩驰科技有限公司;VAISALA便携式 CO_2 检测仪:深圳市君达时代仪器有限公司;F145-11电子天平:赛多利斯科学仪器(北京)有限公司;DZKW-S-6恒温水浴锅:北京市永光明医疗仪器有限公司;DL-I-15台式封闭电炉:天津市泰斯特仪器有限公司;UV-1780紫外可见分光光度计:日本岛津公司;RC-4温度记录仪:江苏省精创电气股份有限公司。

1.3 试验设计

1.3.1 番茄果实成熟度的划分及评价

绿熟期:已到达商业成熟,果实全部为绿色,开花后35~38d;转色期:果实呈淡红色,显色面积10%~60%,开花后43~46d;半红期:整个果实呈浅红色,果实略硬,此时是鲜食最佳时期。

1.3.2 处理方法

首先将番茄果实按照成熟度分组,然后将同一成熟度的番茄果实分为若干组后分装于塑料筐中,每箱大约20kg,放入4℃、相对湿度85%~90%的冷库中预冷^[11]。将预冷后的番茄果实按照不同成熟度分别放入2~6℃、6~10℃、10~14℃的冷库中,试验设置9个处理:2~6℃绿熟期、2~6℃转色期、2~6℃半红期、6~10℃绿熟期、6~10℃转色期、6~10℃半红期、10~14℃绿熟期、10~14℃转色期、10~14℃半红期。处理后每隔5d测定相关指标,重复测定3次。

1.4 指标测定

1.4.1 果实硬度的测定

每个处理随机取3个果实,在果实赤道位置随机取3个点使用硬度计测定果实硬度,平行测量3次,单位:N。

1.4.2 果实失重率的测定

失重率采用称重法测定,每个处理做3次重复,结果以百分数(%)表示。

1.4.3 果实可溶性固形物含量(soluble solids content, SSC)的测定

各处理随机选取3个番茄果实,混合研磨果肉成汁,果实可溶性固形物含量用手持折光仪进行测定,测定3次取平均值,结果以百分数(%)表示。

1.4.4 果实抗坏血酸含量的测定

采用2,6-二氯酚靛酚滴定法测定抗坏血酸含量(mg/100g)。

1.4.5 果实可滴定酸(titratable acid, TA)含量的测定

参考曹建康等^[12]的方法进行可滴定酸含量的测定,各处理重复测定3次,以苹果酸含量计,结果以百分数(%)表示。

1.4.6 果实色度的测定

采用高品质色差仪对番茄果实表面颜色(L^* 值、 a^* 值、 b^* 值)进行测定。各处理随机取3个果实沿赤道每隔120°测量一次,重复3次。

1.4.7 果实呼吸强度的测定

称取番茄果实 1 kg 左右,置于容积为 5 L 的广口玻璃瓶中,密封 30 min 后,采用便携式 CO₂ 检测仪检测 CO₂ 浓度,并计算呼吸速率[mg/(kg·h)]。

1.4.8 果实叶绿素含量的测定

参考 Roohanitaziani 等^[13]的方法测定果实的叶绿素含量(mg/g)。

1.5 数据处理与统计分析

采用 Excel 进行数据的预处理,Origin 2021 软件进行统计分析和作图,数据结果用平均值±标准差表示。

2 结果与分析

2.1 不同温度对不同成熟度番茄硬度的影响

不同温度对不同成熟度番茄硬度的影响见图 1。

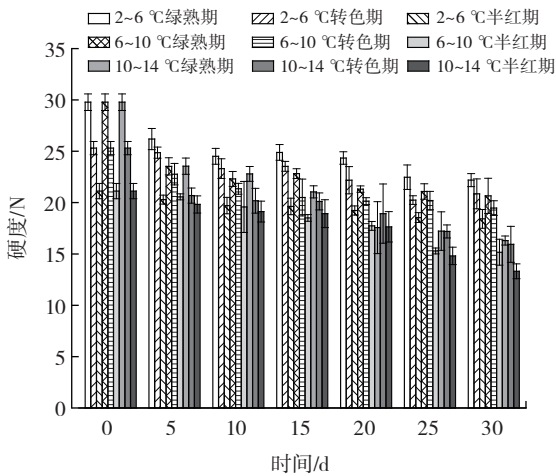


图 1 不同温度对不同成熟度番茄硬度的影响

Fig.1 Effect of different temperatures on the hardness of tomatoes with different ripeness grades

组织结构解体是果实成熟衰老过程中的变化之一,组织结构解体直接表现就是果实硬度的降低。同时,果实硬度也是反映果实成熟度的重要指标。由图 1 可知,各处理组在整个贮藏期间硬度整体呈下降趋势。第 0 天绿熟期的番茄果实硬度为 29.78 N,转色期番茄果实硬度为 25.31 N,半红期番茄果实硬度为 21.12 N。6~10 °C 贮藏条件下,番茄硬度下降也相对较慢,绿熟期番茄硬度在前 5 d 下降最快,而后相对平缓,这可能是由贮藏前的预冷导致的。其中绿熟期番茄和转色期番茄在第 5 天差异不明显。10~14 °C 贮藏条件下,绿熟期和转色期番茄在 0~5 d 硬度下降较快,而半红期番茄在整个贮藏期的硬度下降均比较缓慢,在 20 d 以后下降较快,这可能是半红期番茄完全成熟后品质开始下降导致的。

2.2 不同温度对不同成熟度番茄失重率的影响

不同温度对不同成熟度番茄失重率的影响见图 2。

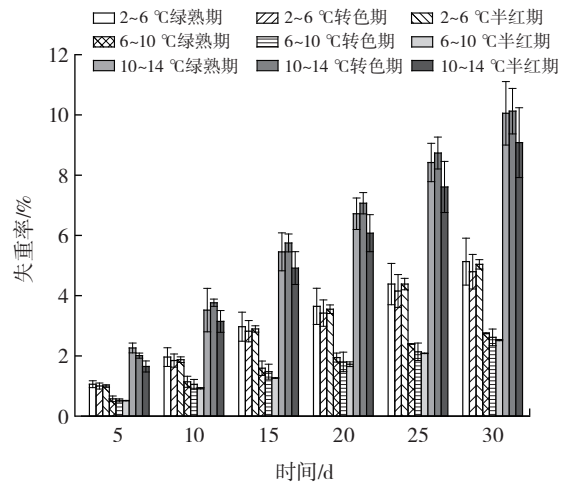


图 2 不同温度对不同成熟度番茄失重率的影响

Fig.2 Effect of different temperatures on the weight loss rate of tomatoes with different ripeness grades

果蔬失重率是评价果蔬品质的重要指标之一,失重率的产生主要是果蔬采后呼吸作用失去水分,营养物质消耗等因素造成。由图 2 可知,在贮藏期间所有处理组均呈上升趋势。2~6 °C 贮藏条件下,绿熟期、转色期、半红期番茄在贮藏第 30 天时的失重率分别是 5.1%、4.8%、5.0%,各个处理组在整个贮藏期的差异并不明显。6~10 °C 贮藏条件下,不同成熟度番茄的失重率在整个贮藏期均呈上升趋势,绿熟期的失重率高于转色期和半红期,在贮藏第 30 天时,绿熟期、转色期、半红期的失重率分别是 2.7%、2.6%、2.5%,各个处理组在整个贮藏期间的失重率差异也并不明显。10~14 °C 贮藏条件下,不同成熟度番茄的失重率在整个贮藏期同其他温度一样也呈上升趋势,在贮藏第 20 天时,绿熟期和转色期的失重率分别是 6.7% 和 7.0%,比半红期分别高了 0.7%、1.0%。各处理组间没有明显差异,结果表明温度是影响番茄贮藏期间失重率的主要因素,番茄成熟度对失重率的影响不大。

2.3 不同温度对不同成熟度番茄可溶性固形物含量的影响

不同温度对不同成熟度番茄可溶性固形物含量的影响见图 3。

番茄中的可溶性固形物由可溶性糖、矿物质、有机酸(柠檬酸和苹果酸)等组成,主要为番茄汁液中的溶质,是衡量番茄品质及加工特性的重要指标^[14]。由图 3 可知,2~6 °C 贮藏条件下,绿熟期番茄在整个贮藏时期的可溶性固形物含量变化趋势较为平缓,可能是不适宜的低温抑制了番茄可溶性固形物含量的增加;转色期番茄呈现先上升后下降的趋势,贮藏期前 20 d 上升平缓,达到最大值后下降;半红期番茄整个贮藏时期整体呈下降趋势,可能是由于半红期番茄采摘时果实已发育成熟,营养成分积累已达到顶峰,贮藏时随着呼

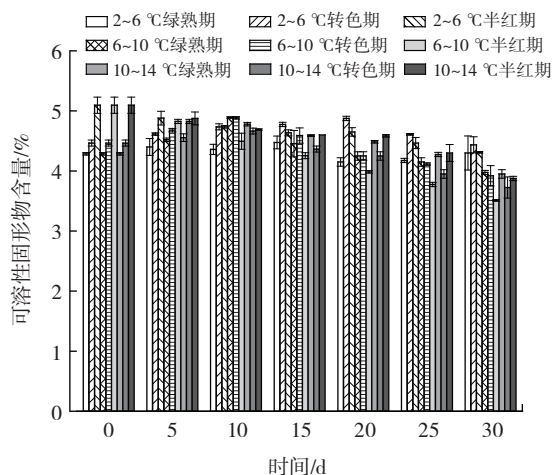


图3 不同温度对不同成熟度番茄可溶性固形物含量的影响
Fig.3 Effect of different temperature on soluble solids content of tomatoes with different ripeness grades

吸作用会消耗成熟时积累的营养成分,因此半红期番茄的可溶性固形物含量在贮藏期间呈现不断下降的趋势。6~10℃贮藏条件下,绿熟期和转色期番茄SSC含量都呈现先升后降的趋势,并都在第10天到达最大值后迅速下降,整个贮藏期间绿熟期和转色期番茄的可溶性固形物含量变化并不明显。10~14℃贮藏条件下,不同成熟度番茄可溶性固形物含量和其他温度贮藏不同成熟度番茄的趋势一致,绿熟期和转色期都呈现先升后降趋势,绿熟期番茄在第10天达到最大值后下降,而转色期是在第5天达到最大值后下降,且在第5天时与半红期番茄的可溶性固形物含量差异不明显。第10天以后绿熟期番茄和半红期番茄的可溶性固形物含量差异也不明显。试验表明:10~14℃贮藏条件下,绿熟期番茄可使可溶性固形物含量达到半红期水平,保证了番茄的正常后熟软化。

2.4 不同温度对不同成熟度番茄抗坏血酸含量的影响

不同温度对不同成熟度番茄抗坏血酸含量的影响见图4。

抗坏血酸也称维生素C,是一种重要的抗氧化剂和生长调节剂,对植物生长发育和人类健康至关重要^[15],也是评价果蔬营养品质和贮藏效果的评价指标,番茄中含有大量的维生素C。由图4可知,2~6℃贮藏条件下,绿熟期番茄抗坏血酸含量呈现上升趋势,转色期番茄第10天到达最大值后抗坏血酸含量迅速下降之后下降趋势平缓;半红期番茄在采摘时就已经达到了生理成熟,在贮藏过程中抗坏血酸含量呈下降趋势。6~10℃贮藏条件下,绿熟期和转色期番茄抗坏血酸含量均呈现先升后降的趋势,绿熟期番茄在前15d迅速上升达到最大值12.49 mg/100 g后下降,转色期番茄在第5天达到最大值后下降,在第20天和半红期番茄

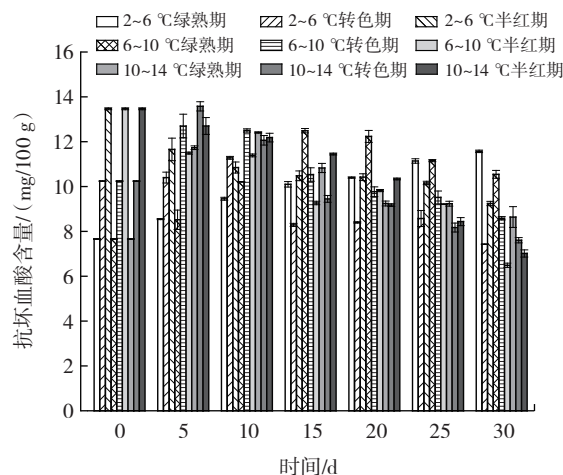


图4 不同温度对不同成熟度番茄抗坏血酸含量的影响
Fig.4 Effect of different temperatures on ascorbic acid content in tomatoes with different ripeness grades

没有明显差异。10~14℃贮藏条件下,不同成熟度番茄的抗坏血酸含量的趋势与6~10℃一致,绿熟期和转色期都呈先上升后下降的趋势,绿熟期番茄的抗坏血酸含量在第10天达到最大值12.41 mg/100 g,和半红期无明显差异;转色期在第5天时抗坏血酸含量达到最大值13.58 mg/100 g。

2.5 不同温度对不同成熟度番茄可滴定酸含量的影响

不同温度对不同成熟度番茄可滴定酸含量的影响见图5。

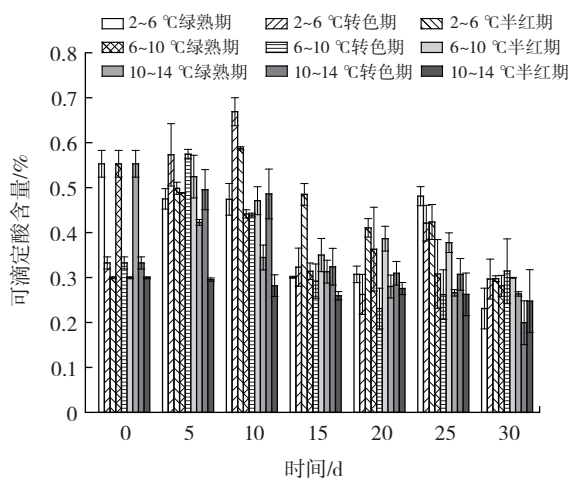


图5 不同温度对不同成熟度番茄可滴定酸含量的影响
Fig.5 Effect of different temperatures on titratable acid content of tomatoes with different ripeness grades

可滴定酸含量是评价果实风味品质的重要指标之一,贮藏期间的有机酸含量变化与糖类呼吸作用和分解代谢有关^[16]。由图5可知,2~6℃贮藏条件下,随着贮藏时间的延长,绿熟期番茄的可滴定酸含量整体呈现先下降后上升再下降的趋势,半红期的番茄整体呈

现先上升后下降的趋势,由于半红期番茄在采摘时已达到生理成熟,且随着贮藏期番茄的不断衰老,可滴定酸含量不断下降。6~10℃贮藏条件下,绿熟期可滴定酸含量整体呈下降趋势,转色期番茄在第5天达到最大值后迅速下降,从第15天开始到贮藏期结束,可滴定酸含量变化缓慢。在第10天时,各处理组可滴定酸含量无明显差异。在第20天时,转色期番茄的可滴定酸含量明显低于半红期。直到贮藏结束,各处理组间的可滴定酸含量也无明显差异。10~14℃贮藏条件下,绿熟期番茄和半红期番茄可滴定酸含量在贮藏期间整体呈下降趋势,这是由于有机酸类物质是果蔬成熟过程中的呼吸底物,随着呼吸作用消耗,可滴定酸含量下降,与糖类物质变化趋势相似^[17]。贮藏期结束时,绿熟期和半红期番茄的可滴定酸含量无明显差异。转色期番茄呈现先上升后下降的趋势,可能是低温抑制了转色期番茄的呼吸速率,呼吸消耗小于番茄代谢生成,造成部分可滴定酸积累,后期随着贮藏时间延长,转色期番茄后熟后逐渐衰老,可滴定酸含量不断下降。

2.6 不同温度对不同成熟度番茄色差的影响

2.6.1 不同温度对不同成熟度番茄果实 L^* 值的影响

不同温度对不同成熟度番茄果实 L^* 值的影响见图6。

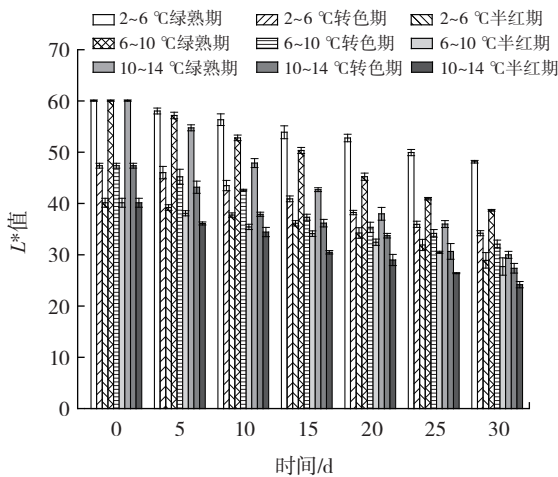


图6 不同温度对不同成熟度番茄果实 L^* 值的影响

Fig.6 Effect of different temperatures on L^* values of tomato fruits with different ripeness grades

番茄果实色泽是判断番茄品质的直观标准。 L^* 值代表果实亮度, L^* 值越大果实越亮,反之偏暗。由图6可知,各处理组在整个贮藏期间番茄果实的 L^* 值均整体呈下降趋势,整个贮藏期半红期 L^* 值明显低于2~6℃绿熟期和6~10℃绿熟期番茄。10~14℃贮藏条件下,绿熟期番茄 L^* 值在整个贮藏期间迅速下降,贮藏结束时与半红期番茄 L^* 值无明显差异。在不同温度处理下的转色期番茄随着贮藏时间的延长 L^* 值也与半红期的 L^* 值无明显差异。

2.6.2 不同温度对不同成熟度番茄果实 a^* 值的影响

不同温度对不同成熟度番茄果实 a^* 值的影响见图7。

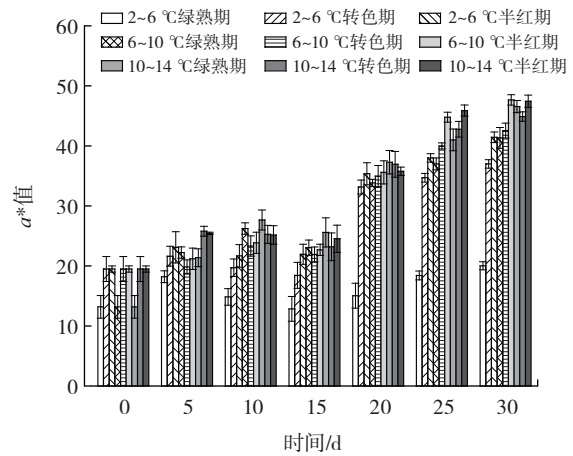


图7 不同温度对不同成熟度番茄果实 a^* 值的影响

Fig.7 Effect of different temperatures on a^* value of tomato fruits with different ripeness grades

a^* 值代表果皮的红绿程度, a^* 值越大,表明果实越红,反之偏绿色。由图7可知,随着贮藏时间的延长,各处理组的 a^* 值在不断增大,前15d果实的 a^* 值变化相对缓慢,第15天以后 a^* 值迅速增大,说明果实在贮藏过程中不断地转红。而在2~6℃贮藏的绿熟期番茄 a^* 值变化相对缓慢,贮藏结束时2~6℃贮藏的绿熟期和转色期番茄的 a^* 值明显低于半红期番茄,这表明2~6℃不适合贮藏绿熟期和转色期番茄,原因是不适宜的低温造成了果实冷害从而不能正常转红。而6~10℃和10~14℃贮藏条件下,绿熟期和转色期番茄在贮藏结束时与半红期番茄无明显差异,表明绿熟期番茄能正常转红。

2.6.3 不同温度对不同成熟度番茄果实 b^* 值的影响

不同温度对不同成熟度番茄果实 b^* 值的影响见图8。

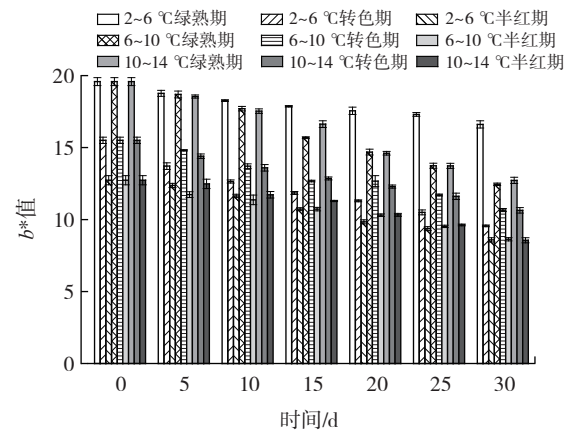


图8 不同温度对不同成熟度番茄果实 b^* 值的影响

Fig.8 Effect of different temperatures on the b^* value of tomato fruits with different ripeness grades

b^* 值表示果皮蓝黄色度, b^* 值越大,表明果皮偏黄色, b^* 值越小,表明果皮偏蓝色。由图8可知,各处理组在贮藏期间 b^* 值在不断减小,而2~6℃贮藏的绿熟期番茄的 b^* 值相对变化缓慢,这是由于随着贮藏时间的延长,果实逐渐转红,所以黄度不断下降。贮藏结束时转色期的 b^* 值与半红期番茄的 b^* 都没有明显差异,原因可能是转色期番茄贮藏时表观着色率已达50%,随着贮藏时间的延长,转色期番茄转红率逐渐达到100%,到贮藏结束时转色期已完全转红,所以各个温度贮藏转色期番茄不会影响转色期番茄红度和黄度。在整个贮藏期间,各温度下半红期番茄的 b^* 值都无明显差异,原因是半红期番茄采摘时已完全转红。

2.7 不同温度对不同成熟度番茄呼吸强度的影响

不同温度对不同成熟度番茄呼吸强度的影响见图9。

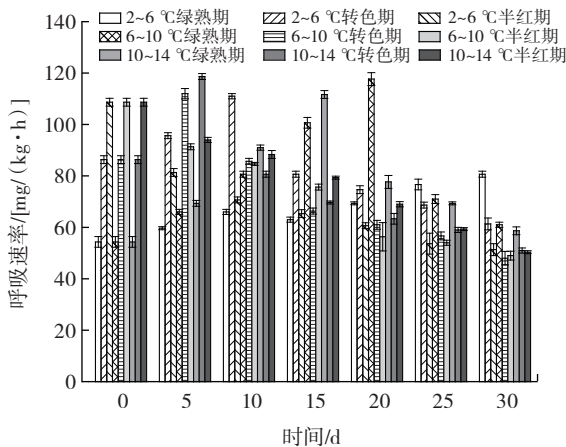


图9 不同温度对不同成熟度番茄呼吸强度的影响

Fig.9 Effect of different temperatures on the respiration intensity of tomatoes with different ripeness grades

番茄是典型的呼吸跃变型果实,具有明显的呼吸高峰,当果实的呼吸强度达到最大值后,果实的品质即达到最佳,随着贮藏时间的延长,呼吸强度开始减弱,果实的品质逐渐下降^[18]。由图9可知,2~6℃贮藏条件下,绿熟期番茄的呼吸强度一直处于上升趋势,表明在整个贮藏期间,绿熟期番茄都未达到成熟状态;转色期番茄的呼吸强度呈现先升后降的趋势,在第10天达到最大值后迅速下降;半红期番茄在整个贮藏期间呈下降趋势,未出现呼吸高峰,原因是半红期番茄在采摘时品质已经达到最佳状态。6~10℃贮藏条件下,绿熟期和转色期番茄的呼吸强度都呈先上升后下降的趋势,绿熟期番茄在第20天达到最大值117 mg/(kg·h)后迅速下降,在整个贮藏期间与其他两个处理组差异明显;转色期番茄在第5天达到最大值112 mg/(kg·h)后迅速下降,从第20天起到贮藏期结束都与半红期番茄的呼吸强度差异不明显;半红期番茄在贮藏期间一直呈现下降趋势,这表明采摘番茄时已经过了呼吸高

峰或者正处于呼吸高峰。10~14℃贮藏的不同成熟度番茄的呼吸强度与6~10℃贮藏的不同成熟度番茄的趋势一致,绿熟期和转色期番茄的呼吸强度均整体呈先上升后下降的趋势,但绿熟期的呼吸高峰比半红期晚10 d,半红期番茄的呼吸强度在贮藏期逐渐减弱。

2.8 不同温度对不同成熟度番茄叶绿素含量的影响

不同温度对不同成熟度番茄叶绿素含量的影响见图10。

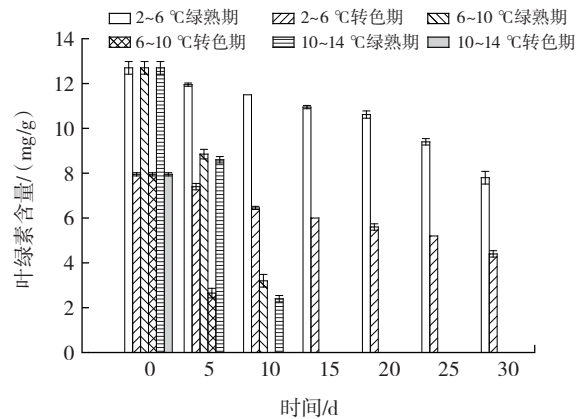


图10 不同温度对不同成熟度番茄叶绿素含量的影响

Fig.10 Effect of different temperatures on chlorophyll content in tomatoes with different ripeness grades

番茄中叶绿素含量和果实成熟度有着直接关系。随着贮藏时间的延长,叶绿素不断分解,叶绿素含量不断下降分解为其他色素,如胡萝卜素、番茄红素和花色素苷等^[19]。由于半红期番茄采摘时已达到生理成熟,果实中的叶绿素已全部分解为其他色素,所以半红期番茄贮藏期间不测定其叶绿素含量。由图10可知,2~6℃贮藏条件下,绿熟期和转色期番茄叶绿素含量不断下降,直到贮藏期结束,绿熟期和转色期番茄的叶绿素含量都未能完全分解,且整个贮藏期间,绿熟期和转色期番茄的叶绿素含量下降缓慢。6~10℃贮藏条件下,绿熟期和转色期番茄前10 d叶绿素含量迅速下降,其中在第10天时转色期番茄的叶绿素完全分解转化为其他色素,而绿熟期番茄在第15天时叶绿素才完全分解,由此可知在6~10℃贮藏条件下,绿熟期番茄比转色期番茄的叶绿素完全分解晚5 d。10~14℃贮藏条件下,绿熟期和转色期番茄的叶绿素在贮藏期间也可正常转化为其他色素,绿熟期番茄在前10 d叶绿素含量迅速下降,在第15天时,叶绿素已完全分解完,而转色期番茄在第5天时叶绿素就已完全分解。

3 讨论与结论

番茄是呼吸跃变型果实,番茄贮藏是一个后熟过程,采后番茄软化快是贮藏过程中的主要问题之一,贮藏过程中营养指标不断发生变化,营养指标与番茄的

食用品质密切相关^[20]。大量研究表明低温贮藏可以延缓果实品质的衰老,李金娜等^[21]研究表明,适宜的低温贮藏可以让番茄保持较好的硬度、可溶性固形物含量和色度。本试验表明,2~6℃贮藏的绿熟期和转色期番茄贮藏期结束时果实都不能正常转红,果实的可滴定酸、维生素C含量也不能达到半红期番茄的指标,原因可能是较低的贮藏温度抑制了番茄果实的呼吸作用,延缓了SSC和TA含量的上升速度,使果实不能正常后熟软化。6~10℃贮藏的绿熟期和转色期番茄贮藏结束时,颜色全部正常转红,但番茄果实的SSC和V_C含量未达到半红期番茄的指标。10~14℃贮藏的绿熟期番茄在贮藏期第15天时就已全部转红,且SSC、TA和V_C含量能达到半红期番茄的指标;10~14℃贮藏的转色期番茄在贮藏期第10天就已全部转红,且番茄能正常后熟软化,以上结果表明10~14℃适合贮藏绿熟期和转色期的番茄,在实际的生产应用与物流保鲜中有重大意义,为番茄保鲜提供理论参考。

参考文献:

- [1] 弓德强,李敏,高兆银,等.低温结合GABA处理对樱桃番茄果实采后品质的影响[J].中国农学通报,2021,37(36):54-60.
GONG Deqiang, LI Min, GAO Zhaoyin, et al. Effect of low temperature combined with GABA treatment on postharvest quality of cherry tomato fruit[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2021, 37(36): 54-60.
- [2] FAGUNDES C, MORAES K, PÉREZ-GAGO M B, et al. Effect of active modified atmosphere and cold storage on the postharvest quality of cherry tomatoes[J]. Postharvest Biology and Technology, 2015, 109: 73-81.
- [3] 张丽芬,张盼盼,潘润森,等.超声协同钙浸渍对樱桃番茄贮藏过程中番茄红素和品质特性的影响[J].食品科学技术学报,2021,39(1):54-64.
ZHANG Lifen, ZHANG Panpan, PAN Runsen, et al. Effects of ultrasound combined with calcium impregnation on lycopene and quality properties of cherry tomatoes during storage[J]. Journal of Food Science and Technology, 2021, 39(1): 54-64.
- [4] WEI Y Y, ZHOU D D, WANG Z J, et al. Hot air treatment reduces postharvest decay and delays softening of cherry tomato by regulating gene expression and activities of cell wall-degrading enzymes[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2018, 98(6): 2105-2112.
- [5] 庞凌云,詹丽娟,李瑜,等.不同减压处理对圣女果贮藏品质的影响[J].食品与发酵工业,2012,38(4):224-227.
PANG Lingyun, ZHAN Lijuan, LI Yu, et al. Effects of different hypobaric treatment on storage quality of cherry tomatoes[J]. Food and Fermentation Industries, 2012, 38(4): 224-227.
- [6] 奉代力,郑纪慈,陈文学,等.采前3种杀菌剂喷施对樱桃番茄采后品质的影响及啉菌噁唑残留检测[J].食品科学,2014,35(6):224-228.
FENG Daili, ZHENG Jici, CHEN Wenxue, et al. Effect of preharvest spraying with 3 fungicides on quality and SYP-Z048 residues of postharvest cherry tomato fruits[J]. Food Science, 2014, 35(6): 224-228.
- [7] DAVID S, LEVIN E, FALLIK E, et al. Physiological genetic variation in tomato fruit chilling tolerance during postharvest storage[J]. Frontiers in Plant Science, 2022, 13: 991983.
- [8] HE Q G, HONG K Q, ZOU R, et al. The role of jasmonic acid and lipoxygenase in propylene-induced chilling tolerance on banana fruit[J]. European Food Research and Technology, 2014, 238(1): 71-78.
- [9] 周枫.采收成熟度、1-MCP和乙烯处理对番茄果实冷害和贮藏效果的影响[D].沈阳:沈阳农业大学,2016.
ZHOU Feng. Effect of harvest maturity and 1-MCP, ethylene treatment on chilling injury and storage quality of the postharvest tomato fruits[D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2016.
- [10] 徐燕红,宋倩倩,胡斌,等.采收成熟度对毛花猕猴桃华特果实采后品质和贮藏性的影响[J].核农学报,2020,34(3):521-531.
XU Yanhong, SONG Qianqian, HU Bin, et al. Harvest maturity affects quality and storability of *Actinidia eriantha* cv. white fruit[J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2020, 34(3): 521-531.
- [11] 梁芸志,陈存坤,吴昊,等.不同预冷温度对采后番茄贮藏品质的影响[J].食品研究与开发,2018,39(13):188-193,200.
LIANG Yunzhi, CHEN Cunkun, WU Hao, et al. Effects of different precooling temperature on the storage quality of postharvest tomato[J]. Food Research and Development, 2018, 39(13): 188-193, 200.
- [12] 曹建康,姜微波,赵玉梅.果蔬采后生理生化实验指导[M].北京:中国轻工业出版社,2007:35-43.
CAO Jiankang, JIANG Weibo, ZHAO Yumei. Guidance on postharvest physiological and biochemical experiments of fruits and vegetables[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007: 35-43.
- [13] ROOHANITAZIANI R, LAMMERS M, MOLTHOFF J, et al. Phenotyping of a diverse tomato collection for postharvest shelf-life[J]. Postharvest Biology and Technology, 2022, 188: 111908.
- [14] KANAYAMA Y. Sugar metabolism and fruit development in the tomato[J]. The Horticulture Journal, 2017, 86(4): 417-425.
- [15] CHEN W F, HU T X, YE J, et al. A CCAAT-binding factor, SINFYA10, negatively regulates ascorbate accumulation by modulating the D-mannose/L-galactose pathway in tomato[J]. Horticulture Research, 2020(7): 200-212.
- [16] MAHAJAN B V C, DHILLON W S, KUMAR M, et al. Effect of different packaging films on shelf life and quality of peach under super and ordinary market conditions[J]. Journal of Food Science and Technology, 2015, 52(6): 3756-3762.
- [17] ORTIZ C M, MAURI A N, VICENTE A R. Use of soy protein based 1-methylcyclopropene-releasing pads to extend the shelf life of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2013, 20: 281-287.
- [18] ARAGÜEZ L, COLOMBO A, BORNEO R, et al. Active packaging from triticale flour films for prolonging storage life of cherry tomato[J]. Food Packaging and Shelf Life, 2020, 25: 100520.
- [19] 齐红岩,陈俊俏,吕德卿,等.SRE处理对采后番茄贮藏效果的影响[J].食品科学,2014,35(20):291-295.
QI Hongyan, CHEN Junqiao, LV Deqing, et al. Effect of slow-release ethanol treatment on quality traits of tomatoes during postharvest storage[J]. Food Science, 2014, 35(20): 291-295.
- [20] 李艳娇.一氧化氮和乙烯利对番茄采后品质及乙烯受体相关基因表达的影响[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2016.
LI Yanjiao. Effects of nitric oxide and ethephon on the postharvest quality and the expression for ethylene receptor of tomato fruit[D]. Urumqi: Xinjiang Agricultural University, 2016.
- [21] 李金娜,方海田,刘慧燕,等.不同贮藏温度对采后碧娇樱桃番茄生理和品质的影响[J].食品工业,2019,40(3):111-115.
LI Jinna, FANG Haitian, LIU Huiyan, et al. Effects of different storage temperature on post-harvest physiology and storage quality of bijiao cherry tomato fruits[J]. The Food Industry, 2019, 40(3): 111-115.