

贮藏温度对“黄妃”樱桃番茄果实品质的影响

康晨¹, 吴珏¹, 姜安泽¹, 张禾¹, 曹锦萍^{1,2,3*}, 孙崇德^{1,3}

¹ 浙江大学农业与生物技术学院 杭州 310058

² 浙江大学新农村发展研究院 杭州 310058

³ 浙江大学山东(临沂)现代农业研究院 山东临沂 276000

摘要 比较不同贮藏温度对“黄妃”番茄果实采后生理和品质变化的影响,结果表明:“黄妃”番茄能耐受 0℃低温贮藏,在 15 d 的贮藏期内不会发生冷害现象。不同贮藏温度下,“黄妃”番茄乙烯释放速率和呼吸速率总体呈下降趋势,其中 20℃和 16℃贮藏组在 15 h 出现乙烯释放高峰,且 20℃和 16℃贮藏组的乙烯释放速率和呼吸速率在整个贮藏期间显著高于其它温度贮藏组;果实失重率、腐烂率、色泽、果柄和萼片新鲜度明显受贮藏温度的影响,在 0~20℃,贮藏温度越低,指标改善越明显;而果实硬度、可溶性固形物(TSS)和可滴定酸(TA)在 15 d 贮藏期内较为稳定,贮藏温度对其影响不显著。电子舌模糊风味感官评价结果表明,贮藏后的“黄妃”果实的风味感官有所变化,低温可使风味感官更接近于新鲜采收果实。综合失重、腐烂损耗和品质变化情况,0~8℃均适用于“黄妃”樱桃番茄的贮藏保鲜。

关键词 樱桃番茄; 采后; 贮藏; 温度

文章编号 1009-7848(2023)04-0295-10 **DOI:** 10.16429/j.1009-7848.2023.04.028

樱桃番茄(*Solanum lycopersicon* var. *Cerasiforme* Aelf.)又称圣女果,是近年来发展较快的果蔬兼用型蔬菜。樱桃番茄果实小巧、形状多样、颜色多彩、酸甜多汁、营养丰富,广受消费者喜爱。樱桃番茄品种繁多,其中“黄妃”品种在引种过程中发现适宜浙北地区春季设施栽培,具有生长势旺、早熟高产等特点,且其果色金黄、晶莹透亮、可溶性固形物含量高,经济价值高,成为目前浙江、上海等东部地区快速发展的优质樱桃番茄品种^[1-3]。

番茄属于呼吸跃变型果实,许多番茄品种可以在绿熟期采收,并在后期贮运过程中逐渐形成其商品化品质。而“黄妃”番茄是在果实食用品质充分形成之后才进行采收。前人对于“黄妃”樱桃番茄成熟后的品质特性已有报道,发现该品种具有可溶性糖含量适中,有机酸含量低,VC 含量高等特点,口感偏甜,有鲜味^[4],并含有β-胡萝卜素^[5]。然而,对于其采后的生理特性和品质特征变化尚缺乏相关的研究,其采后贮藏方式更是鲜见报道。

低温贮藏能有效防止果蔬腐烂,并维持果蔬

良好的品质。目前,低温保鲜已经成为使用最广泛的果蔬保鲜技术,并且是与气调、化学保鲜、物理保鲜、生物保鲜等各类保鲜技术配合使用的基本底层技术。然而有研究表明,不同品种番茄果实对低温的耐受程度存在很大差异。如,冷敏型番茄品种“Coco”在 2℃放置,短时间内即出现水渍状褐色凹陷冷害病斑,放置 10 d 发病率可达 65%^[6];而“碧娇”番茄则可以耐受 0℃低温贮藏,在 5℃条件下其硬度、糖酸和水分维持效果较佳^[7]。“黄妃”樱桃番茄作为新优品种,其果实对于采后低温的耐受程度尚不明确。本研究针对“黄妃”番茄果实的采后特性开展研究,比较不同贮藏温度对其采后生理指标和品质的影响,从而确立“黄妃”番茄的适温贮藏参数。

1 材料与方法

1.1 材料与贮藏条件

“黄妃”樱桃番茄于 2019 年 10 月 30 日采自浙江省湖州市南浔庆丰园农场种植大棚。于清晨露水干后采果,选取大小均匀、成熟度一致、无病虫害或机械损伤的果实,运回浙江大学实验室,装入一次性镂空塑料果盒中,置于不同温度贮藏。贮藏环境温湿度由智能温湿度冷库控制,贮藏温度设置为 0,5,8,10,16,20℃,湿度恒为 90%~95%。

收稿日期: 2022-04-22

基金项目: 浙江省重点研发计划项目(2019C02079)

第一作者: 康晨,男,博士生

通信作者: 曹锦萍 E-mail: caojinpingabc@126.com

1.2 试剂及设备

乙烯标准气体,今工特种气体有限公司,纯度99.99%;NaOH(分析纯级),国药集团化学试剂有限公司。

分析天平(BSA224S),德国 Sartorius;便携式O₂/CO₂测定仪(PBI Dansensor CheckPoint II, MOCON Europe A/S),丹麦 Dansensor;气相色谱仪(7980),美国 Agilent;便携式数显糖度计(PR-101α),日本 ATAGO;色差计(Hunter Lab Mini Scan XE Plus),美国 HunterLab 公司;质构仪(TA-XT2i Plus),英国 Stable Micro System;自动滴定仪(T890),美国海能仪器;电子舌-味觉指纹分析仪(Astree),法国 Alpha MOS。

1.3 腐烂率

每处理总果数为200个,于第1,3,6,9,12,15天统计果实的腐烂情况。果实的腐烂率=腐烂果数/总果数×100%,腐烂果数为每次统计腐烂果数量的累加。

1.4 失重率

每处理9个果实,编号后,用分析天平分别于第0,1,3,6,9,12,15天称重记录果实的质量,其中第0天的果实质量记为M₀,第n天的果实质量记为M_n,失重率=(M₀-M_n)/M₀×100%。

1.5 呼吸速率

呼吸速率参照前人所报道的方法^[8]进行测定。每处理选取18个单果,将果实称重后放置于密封的乐扣盒中,每盒放置6个果实,密封3h后用便携式O₂/CO₂测定仪测定盒内CO₂浓度。呼吸速率(mg·g⁻¹·h⁻¹ FW)=CO₂含量(mg)/果实质量(g)/密封时间(h)。

1.6 乙烯释放速率

乙烯释放速率参照前人所报道的方法^[9]略作修改。将果实置于乐扣盒中,测定前扣紧盖子密封1h后,用注射器抽取1mL气体,注入气相色谱仪测量乙烯,用标准乙烯气体(纯度99.99%)对乙烯含量进行定量。分别于0,3,6,9,15,21h及2,3,4,5,6,7d进行测定,每个处理固定采用24个番茄果实,8个为一组,共3组重复。乙烯释放速率(μg·kg⁻¹·h⁻¹ FW)=乙烯含量(μg)/果实质量(kg)/密封时间(h)。

1.7 果柄和萼片新鲜度

采用褐变指数(IB)表征果柄和萼片的新鲜程度,计算方法:IB=100%×Σ[(褐变等级)×(该褐变等级果实数量)]/[3×果实总数]。根据褐变程度分为4个等级,0级表示果柄和萼片鲜绿,无褐变或干枯现象,1级表示果柄和萼片呈半干枯或半褐变状态,2级表示果柄和萼片呈全干枯或全褐变状态,3级表示果柄和萼片脱落。每个处理固定采用20个果实进行果柄和萼片新鲜度统计。

1.8 可溶性固形物(TSS)测定

将果实挤汁至便携式数显糖度计测定TSS值,每处理测定10个果实。

1.9 果实色泽测定

果实色泽采用色差计进行测定,测定标准为CIE(国际照明委员会)1976 L*a*b* 色差体系,“黄妃”樱桃番茄为黄果品种,故采用柑桔色泽指数(CCI)评估果面色泽的变化,计算公式为:CCI=1000×a*/(L*×b*)^[10]。每个处理设置9个单果重复,每个果实测定赤道面垂直分布的2个部位并取平均值。

1.10 果实硬度测定

将果实沿着赤道面横切,采用质构仪测定果实中果皮的硬度,探头直径为2mm,测定深度为5mm,测定速度为2mm/s,取最大值。每个果实取1个值,每个处理测定6个果实,硬度值用牛顿(N)表示。

1.11 可滴定酸含量测定

将果实用榨汁机匀浆后取1g匀浆,加入25mL蒸馏水中稀释,然后转入100mL烧杯中,把已经调试完毕的自动滴定仪pH计电极放入液面下,启动磁力搅拌器,打开酸度计读数按钮,用0.1mol/L NaOH标准溶液快速滴定至pH=7,然后再缓缓滴入直到pH=8.2±0.2为终点。可滴定酸含量(以柠檬酸计,g/100g FW)=(V×M×0.064)×100,式中,V——滴定样品所用0.1mol/L NaOH标准溶液的体积(mL);M——NaOH标准溶液浓度(0.1mol/L);系数0.064为中和1mL 0.1mol/L NaOH所需柠檬酸的质量(g)。每3个果实为1个重复,每处理设置3个重复。

1.12 果实风味电子舌模糊评价

将果实用榨汁机匀浆后过滤除去滤渣,取 2 mL 滤液,用蒸馏水稀释至 20 mL 后,用电子舌-味觉指纹分析仪进行风味模糊评价。传感器阵列包括 AHS(酸)、CTS(咸)、NMS(鲜)、ANS(甜)、SCS(苦)、PKS(通用)、CPS(通用)7 根交叉敏感电位液体传感器阵列,以及 Ag/AgCl 参比电极。通过 Alpha Soft 软件进行数据采集和分析。每份样品数据采集总时间为 120 s,采集频率为 1 s,转子搅拌速度为 1 r/s。采用偏最小二乘回归分析(PLSDA)和相似性聚类分析方法对电子舌传感器响应值进行分析。每 3 个果实为 1 个重复,每处理设置 3 个重复。

1.13 统计分析

试验数据以“平均值±标准差($\bar{X} \pm SD$)”表示,数据的统计学分析采用 SPSS 20.0 软件(IBM 公司,美国),多组数据间的多重比较采用 Tukey 显著性检验方法和 LSD 显著性检验方法进行分析,PLSDA 分析采用 SIMCA 14.1 软件进行分析(Umetrics 公司,瑞典)。

2 结果与分析

2.1 “黄妃”番茄在不同温度下的呼吸速率

“黄妃”番茄果实采收后进入贮藏库的 0.25 d 内,呼吸速率迅速下降。其中,20 °C 和 16 °C 贮藏组在 0.25 d 处呼吸速率略有上升,出现一个呼吸高峰,随后继续迅速下降,至 2 d 后呼吸速率趋于稳定;0,5,8,10 °C 贮藏组无明显的呼吸高峰,至 1 d 后呼吸速率趋于稳定。在贮藏的 10 d 之内,20 °C 贮藏组的呼吸速率最高($P < 0.05$),16 °C 贮藏组次之($P < 0.05$),0,5,8,10 °C 贮藏组间的呼吸速率无显著差异($P > 0.05$)(图 1)。该结果表明,温度对“黄妃”果实的呼吸速率有影响,10 °C 及其以下的低温可以有效减轻“黄妃”果实的呼吸强度。

2.2 “黄妃”番茄在不同温度下的乙烯释放速率

各温度下的“黄妃”番茄采后贮藏期间乙烯释放速率总体呈下降趋势。其中,20 °C 和 16 °C 贮藏组在 0.625 d 处乙烯释放速率显著上升,出现乙烯释放高峰,随后迅速下降,至 2 d 后呼吸速率趋于稳定;0,5,8,10 °C 贮藏组在前 0.125 d 内乙烯释放速率迅速下降至低水平,随后趋于稳定。在贮藏的

7 d 之内,20 °C 和 16 °C 贮藏组的乙烯释放速率最高,且两组之间无显著差异($P > 0.05$);10 °C 和 8 °C 贮藏组的乙烯释放速率次之,两组之间无显著差异($P > 0.05$);5 °C 贮藏组在贮藏 1~5 d 期间略低于 8 °C,0 °C 贮藏组的呼吸速率,在整个贮藏期间均最低(图 2)。该结果表明,温度与“黄妃”果实的乙烯释放速率呈正相关,低温能有效抑制乙烯释放速率,其中,10 °C 及其以下的低温可以有效抑制“黄妃”果实乙烯释放峰的出现。

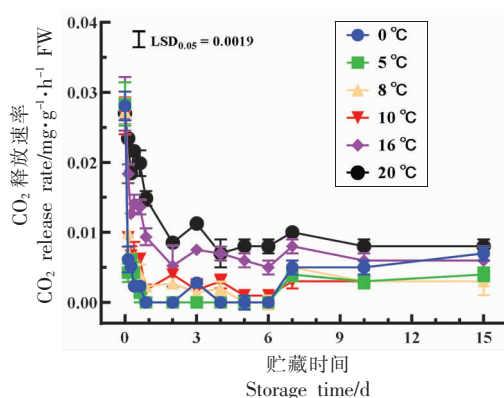


图 1 “黄妃”番茄不同温度贮藏期间的呼吸速率变化

Fig.1 The dynamic changes of respiratory rate of ‘Huangfei’ cherry tomato in different storage temperatures

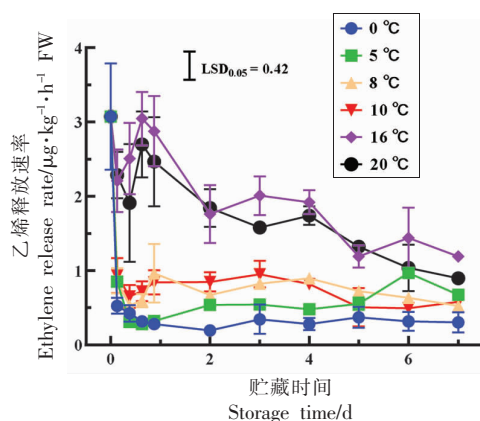


图 2 “黄妃”番茄不同温度贮藏期间的乙烯释放速率

Fig.2 The dynamic changes of ethylene release rate of ‘Huangfei’ cherry tomato in different storage temperatures

2.3 温度对“黄妃”番茄果实品质的影响

2.3.1 腐烂率 贮藏温度对于“黄妃”番茄的腐烂率有明显的影 响。贮藏温度低于 8 °C 的各组果实

均未出现腐烂;20℃和16℃贮藏组的腐烂率持续上升,15 d的腐烂率分别为5%和4%;10℃贮藏组在前6 d持续上升至3%,随后未出现新增腐烂,表明腐烂可能来自采摘和运输过程中的机械损伤;8℃及其以下温度的贮藏组在15 d贮藏过程中均未出现腐烂(图3)。该结果表明,8℃及其以下的低温对于“黄妃”果实的防腐效果最佳。

2.3.2 失重率 在贮藏湿度恒为90%~95%的条件下,果实采后失重率随贮藏时间的延长而上升,贮藏温度越高,失重率越高。其中,20℃与16℃贮藏组的失重率无显著差异($P > 0.05$),10℃和8℃贮藏组的失重率无显著差异($P > 0.05$),5℃和0℃的失重率无显著差异($P > 0.05$)(图4)。“黄妃”番茄贮藏期间的失重率基本呈线性上升,通过回归拟合(R^2 均大于0.94),在贮藏湿度恒为90%~95%的条件下,20,16,10,8,5,0℃的日平均失重率分别为1.36%,1.27%,1.16%,1.02%,0.94%,0.94%,且10℃以下的各低温组间差异不显著($P > 0.05$)(图5)。该结果表明,10℃及其以下的低温可以有效减轻“黄妃”果实的质量损失。

2.3.3 色泽 “黄妃”樱桃番茄果实果面呈亮黄色,因此本研究采用 L^* 、 a^* 、 b^* 和CCI衡量果实色泽的变化。结果表明,在10~20℃条件下,CCI值呈上升趋势(图6a), L^* 值和 b^* 值略有下降(图6b和6d), a^* 值略有上升(图6c),表明在8~20℃温度条件下,“黄妃”樱桃番茄果实色泽随着贮藏时间的延长而不断加深,从亮黄色向深黄色转变,且光泽度略有下降,然而该温度区间各组间差异不明显($P > 0.05$)。0~8℃条件下CCI值和 L^* 、 a^* 、 b^* 值均趋于稳定(图6)。该结果表明,8℃及其以下的低温条件有利于维持“黄妃”果实的鲜亮黄色外观。

2.3.4 硬度 硬度是番茄果实感官品质的重要指标之一。“黄妃”樱桃番茄果实的硬度在15 d贮藏期内呈无规律的波动变化,总体未出现持续的上升或下降的趋势。因此,温度和采后时间等因素对“黄妃”樱桃番茄的果肉硬度无明显的影响(图7)。

2.3.5 果柄和萼片新鲜度 果柄和萼片的新鲜程度是樱桃番茄商品性的重要指标之一。“黄妃”番茄采收时,萼片新鲜碧绿,不易脱落。随着贮藏

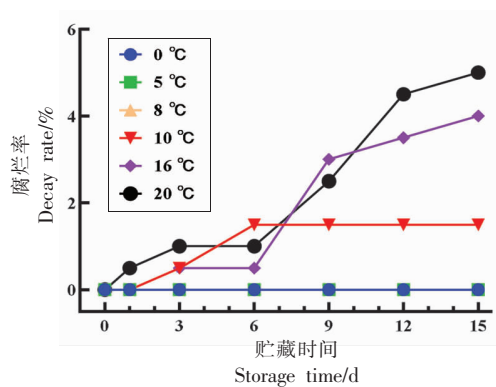


图3 “黄妃”番茄不同温度贮藏期间的腐烂率
Fig.3 The dynamic changes of decay rate of ‘Huangfei’ cherry tomato in different storage temperatures

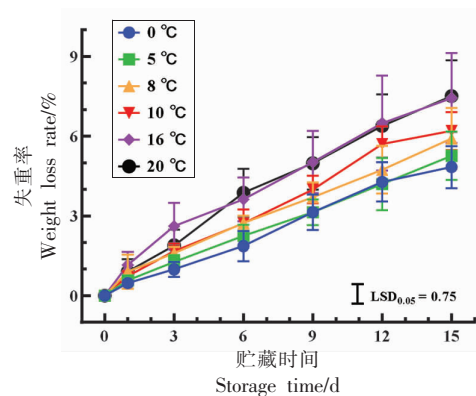
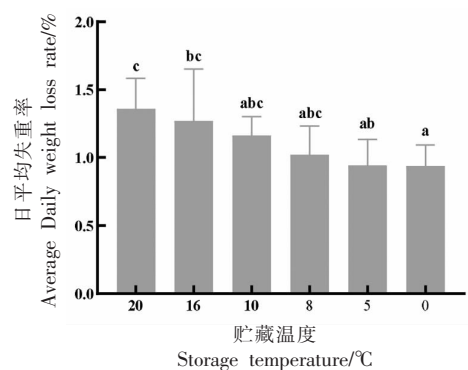


图4 “黄妃”番茄不同温度贮藏期间的失重率
Fig.4 The dynamic changes of weight loss rate of ‘Huangfei’ cherry tomato in different storage temperatures



注:同一时间不同字母表示组间差异显著($P < 0.05$)。

图5 “黄妃”番茄不同温度贮藏期间的日平均失重率

Fig.5 The average daily weight loss of ‘Huangfei’ cherry tomato in different storage temperatures

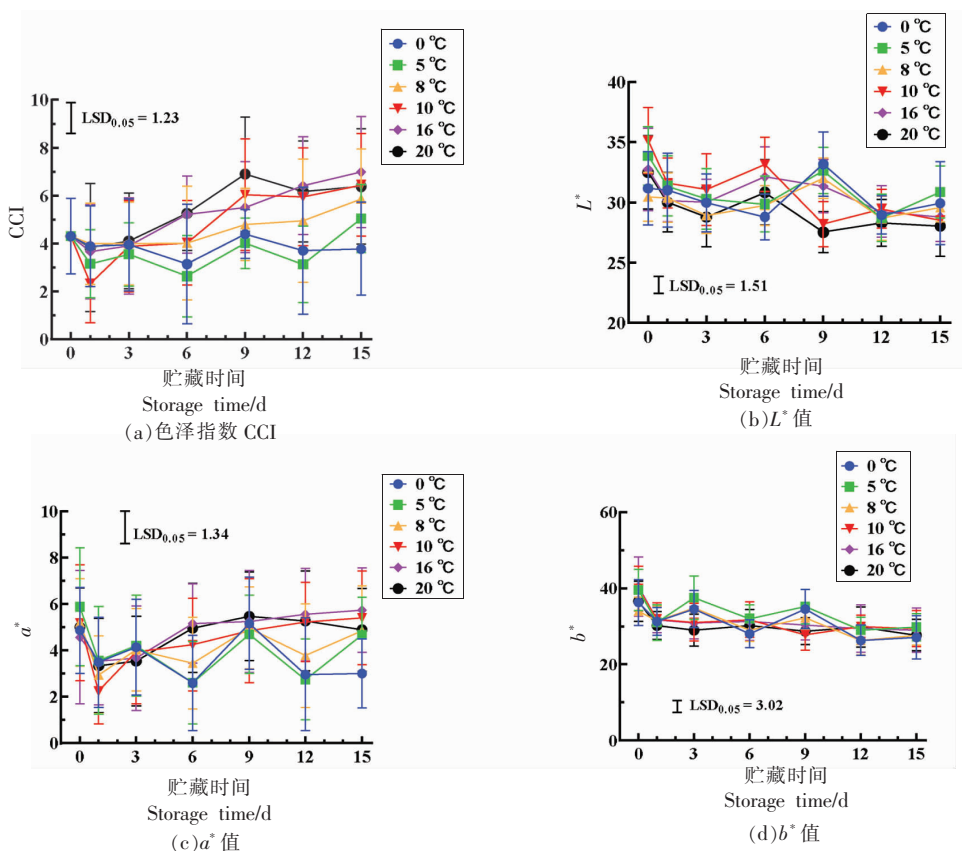


图 6 “黄妃”番茄不同温度贮藏期间的色泽变化

Fig.6 The dynamic changes of fruit color of ‘Huangfei’ cherry tomato in different storage temperatures

时间的延长, 萼片逐渐褐化, 失水程度增加并上卷。在 0~20 °C 贮藏 15 d 后的番茄果实萼片均出现不同程度的褐化和失水现象, 贮藏温度越低, 褐变指数越小, 表明萼片越新鲜。其中, 5~20 °C 贮藏果

实的萼片有不同程度的脱落(图 8)。结果表明, 0 °C 及其以上的低温有利于维持“黄妃”番茄萼片和果柄的新鲜程度, 使果实呈现出较佳的商品性。

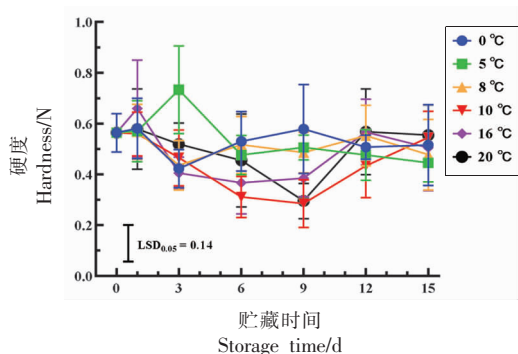


图 7 “黄妃”番茄不同温度贮藏期间的硬度变化

Fig.7 The dynamic changes of fruit hardness of ‘Huangfei’ cherry tomato in different storage temperatures

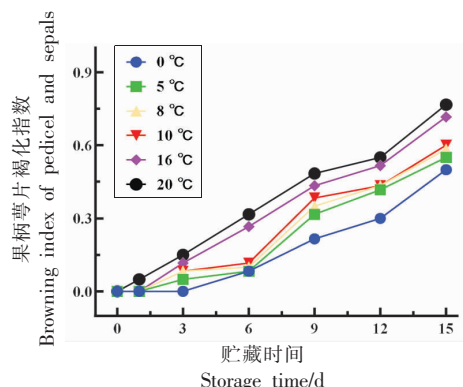


图 8 “黄妃”番茄不同温度贮藏期间的果柄和萼片褐化指数

Fig.8 The dynamic changes of browning index (IB) of carpel and sepals of ‘Huangfei’ cherry tomato in different storage temperatures

2.3.6 TSS和TA TSS和TA是番茄果实的重要风味指标之一。“黄妃”番茄采后贮藏期间TSS含量在6.26%~7.89%之间,期间小幅度波动变化,总体较为稳定($P > 0.05$)(图9a);TA含量在0.11%~0.17%之间,采后贮藏期间TA呈小幅度波动变

化,总体较为稳定($P > 0.05$),且各温度贮藏组件TA含量差异不显著($P > 0.05$)(图9b)。结果表明“黄妃”番茄采后风味品质较为稳定,贮藏温度和贮藏时间对其影响不明显。

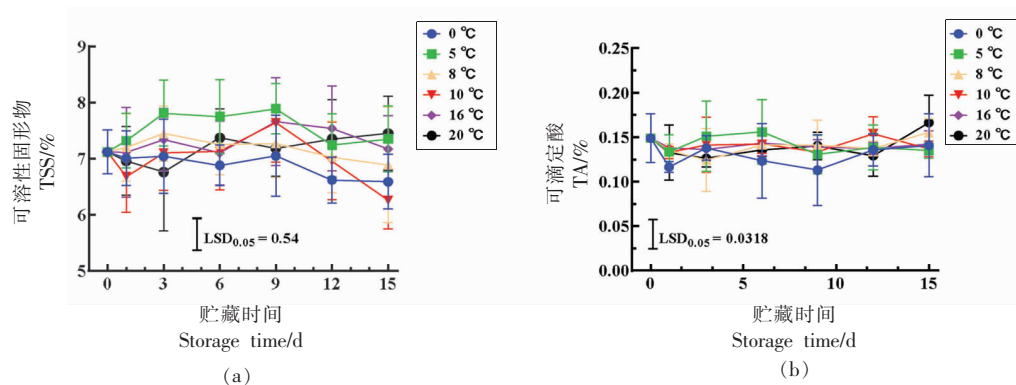
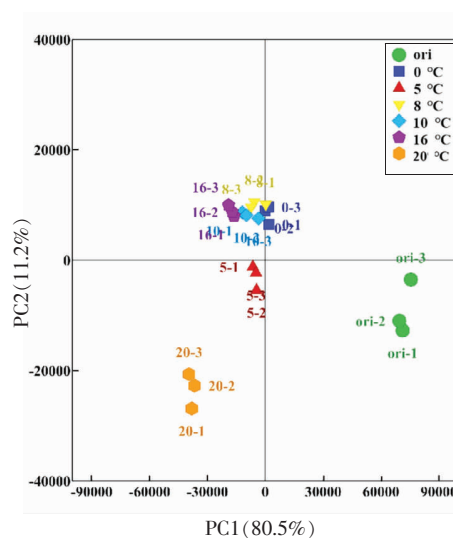


图9 不同温度贮藏期间“黄妃”番茄TSS(a)和TA(b)含量变化

Fig.9 The dynamic changes of TSS (a) and TA (b) of ‘Huangfei’ cherry tomato in different storage temperatures

2.3.7 感官评价 采用电子舌对“黄妃”樱桃番茄果实进行风味的模糊感官评价,取各传感器120 s的响应值总和进行偏最小二乘回归分析(PLSDA)(图10)和电子舌响应相似性聚类分析(图11)。结果表明,新鲜采摘的果实与贮藏后的果实各自聚成一类。其中,20 °C贮藏果实的电子舌结果与新鲜采收果实之间距离最远,而0~16 °C贮藏各组与新鲜采收果实之间的距离相对较近。表明较高的贮藏温度(20 °C)会使“黄妃”番茄果实品质发生较为明显的变化,而低温可以维持其风味感官更接近于新鲜采收果实。Loading分析结果显示,第一主成分的贡献率为80.5%,第二主成分的贡献率为11.2%,贡献率总和为91.7%,说明样品整体区分度较好。其中,NMS传感器在第一主成分的参数最大,其次是ANS和PKS传感器,ANS传感器在第二主成分的负载参数最大,其次是SCS和NMS传感器(表1)。

综合各项品质指标,从贮藏结果(第15天)来看,“黄妃”樱桃番茄受贮藏温度影响的品质指标为腐烂率、萼片新鲜度、色泽、失重率和风味感官品质,而TSS、TA、硬度等指标则基本不受贮藏温度的影响(图10、图11和图12)。由此可见,虽然“黄妃”樱桃番茄采后的糖酸和质构品质较为稳



注:ori表示采收当天初始时间点的果实。

图10 “黄妃”樱桃番茄在不同温度下贮藏15 d果实风味电子舌响应值PLSDA分析

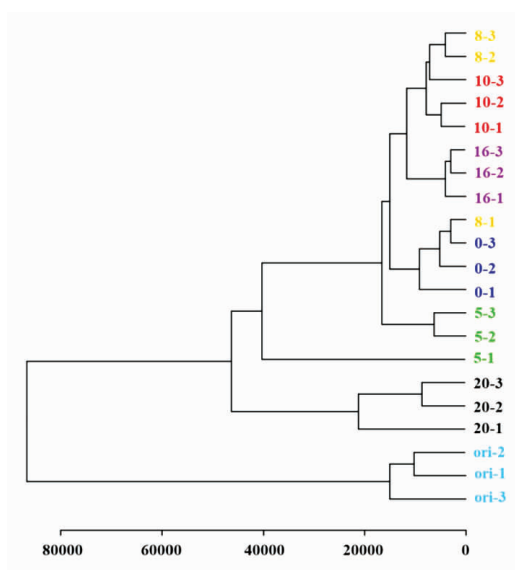
Fig.10 The PLSDA analysis of electric-tongue fuzzy sensory evaluation of ‘Huangfei’ cherry tomato in different storage temperatures (15 days)

定,但过高的贮藏温度会导致其果实的腐烂和质量损耗,还会导致外观商品性和风味感官品质的下降,0~8 °C为“黄妃”樱桃番茄果实的合适贮藏温度范围。

表 1 “黄妃”樱桃番茄在不同温度下贮藏 15 d 的风味电子舌响应值 Loading 分析

Table 1 Loading analysis on the electric-tongue fuzzy sensory evaluation of ‘Huangfei’ cherry tomato in different storage temperatures (15 days)

传感器	成分 1	成分 2	成分 3	成分 4	成分 5	成分 6	成分 7
AHS	-0.02472	-0.17523	0.14859	-0.53759	0.24824	-0.70741	-0.63195
CTS	0.06704	-0.26248	-0.85029	0.03612	-0.25382	-0.13680	0.01444
NMS	-0.94055	0.26581	-0.15181	-0.08098	-0.02692	0.06261	-0.07141
ANS	-0.30632	-0.75610	0.06803	0.46198	0.25751	-0.06595	0.09702
SCS	0.01091	-0.42443	-0.04075	-0.45230	-0.00726	0.67685	-0.22512
PKS	0.11613	0.25518	-0.46133	0.24302	0.83473	0.02141	-0.11415
CPS	-0.05302	-0.11305	0.11318	-0.52448	0.33963	-0.38994	0.73142



注:ori 表示采收当天初始时间点的果实。

图 11 “黄妃”樱桃番茄在不同温度下贮藏 15 d 的风味电子舌响应值聚类树状图

Fig.11 Dendrogram of electric-tongue fuzzy sensory evaluation of ‘Huangfei’ cherry tomato in different storage temperatures (15 days)

3 讨论

“黄妃”樱桃番茄果实亮黄脆甜,其在全果面转黄后采收。本研究结果发现,与绿熟期采收的番茄品种不同,“黄妃”番茄采后低温贮藏期间呼吸速率迅速下降并维持稳定,16℃和 20℃贮藏期间乙烯释放量出现一个小高峰,而整个采后贮藏期果实的硬度、TSS 水平都较为稳定,表明“黄妃”番茄在黄熟期采摘即达到了其最佳食用品质。因此,随后的贮藏过程主要以维持品质,避免品质劣变为目标。

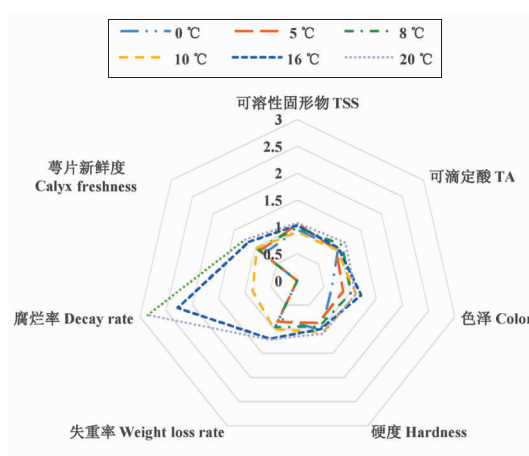


图 12 贮藏第 15 天的“黄妃”樱桃番茄品质指标雷达图

Fig.12 Spider chart on the fruit quality of ‘Huangfei’ cherry tomato after 15 days’ storage

采后病害和机械伤是番茄果实损耗的重要原因。番茄中常见的采后病害包括青果霉腐病、红粉病、灰霉病、炭疽病、溃疡病等,均由病原真菌侵染所引发^[11-12],而机械伤会进一步加剧病害的侵染和传播。低温能有效抑制各种病原真菌的生长。如,灰霉病番茄灰霉菌分生孢子萌发的温度范围为 10~25℃,最适温度为 20℃;病原菌在 5~30℃均能生长,适温为 20~25℃,30℃以上生长受抑制;在 10~30℃条件下均能产孢,最适产孢温度为 20℃^[13]。“黄妃”果实 5℃以下基本未发生侵染性病害,表明在该温度下病原菌的萌发和生长受到了很好的抑制;10℃贮藏的病害仅发生在前 3 d 的贮藏期间,可能是机械伤导致。

除腐烂和机械伤等损耗以外,质量损耗是果

实采后损耗的重要原因之一。果实质量的损失主要来源于2个方面,一方面是果实蒸腾作用等导致的表面水分散失,另一方面是果实呼吸和代谢消耗养分。在较高温度条件下,果实蒸腾作用和呼吸代谢活动均比较活跃,因此失重率较高。低温和适宜的湿度,能够有效降低呼吸作用相关酶的活性,并减轻蒸腾作用,从而降低果实失重率。本文的研究结果表明,“黄妃”樱桃番茄采后的失重率变化速率较为恒定,且因温度而异。因此,低温处理虽可以减缓但不能完全避免果实质量损耗,在长期贮藏过程中,需考虑质量损耗带来的经济损失。

“黄妃”番茄果实的色泽由类胡萝卜素组成^[5]。前人的研究表明,温度是影响果实类胡萝卜素积累的重要因素,5~20℃有利于大部分类胡萝卜素的积累^[14]。因此,这可能也是本研究8~20℃贮藏果实呈色更深的原因。

樱桃番茄采后贮藏过程中往往出现质量损耗,硬度下降,TSS和TA含量下降等品质变化,而较为恒定的低温可以明显减缓其采后品质劣变^[15-17]。综合前人的报道可以发现,不同品种番茄采后特性具有较大差异。“千禧”樱桃番茄在4℃贮藏16d期间,乙烯释放量仍有明显的上升趋势,果实硬度、TSS、TA等指标均呈下降趋势,而“吉甜一号”的乙烯释放则在4d内下降,之后维持稳定^[18]。温度对番茄采后糖含量变化的影响还与采收成熟度有关,一般采收成熟度较低的番茄果实低温贮藏后,糖分转化会受到影响,而成熟度较高的果实受影响较小^[19]。许多品种的番茄果实采后硬度都呈下降趋势,而低温往往能减轻果实硬度的下降^[20]。本文的研究结果表明,“黄妃”樱桃番茄采后损耗主要表现为腐烂率和失重率的上升,采后品质变化主要表现为果实黄色色泽的加深,以及萼片和果柄的干枯、褐化乃至脱落,而TSS、TA、硬度等风味和质构品质在整个贮藏期间较为稳定,这与“千禧”等品种有所差别。该结果表明,“黄妃”樱桃番茄的耐贮运性较佳。

在前人的研究中,5℃左右为樱桃番茄/圣女果贮藏的常用温度,(-0.5±0.5)℃的温度下则出现明显的冷害现象^[15-16]。然而,对低温的耐受性也因品种而异。比如,冷敏型番茄品种“Coco”在2℃放

置10d即发生冷害斑^[6],而碧娇番茄则可以耐受0℃低温贮藏^[7]。本研究发现,“黄妃”番茄果实能耐受0℃左右的低温,在0~8℃的低温贮藏条件下,均有较好的表现。其中,综合失重、腐烂损耗和品质情况,5~8℃可使“黄妃”樱桃番茄15d的腐烂和失重损耗总和控制在5%左右,损耗程度和果实品质均与0℃贮藏差异不明显。

参 考 文 献

- [1] 吴旭江,陈银根,吕文君,等.浙江新昌设施栽培樱桃番茄品比试验[J].长江蔬菜,2014,12:19-21. WU X J, CHEN Y G, LÜ W J, et al. Comparison of greenhouse cherry tomato cultivars in Xinchang County of Zhejiang[J]. Journal of Changjiang Vegetables, 2014, 12: 19-21.
- [2] 叶飞华,施星仁,王翠,等.樱桃番茄黄妃及春季大棚高产栽培[J].蔬菜,2015,8:64-65. YE F H, SHI X R, WANG C, et al. High yield cultivation of 'Huangfei' cherry tomato in greenhouse [J]. Vegetables, 2015, 8: 64-65.
- [3] 吴菊,鲍维巨,严中祺,等.有机基质栽培樱桃番茄品种比较试验[J].长江蔬菜,2017,14:53-56. WU J, BAO W J, YAN Z Q, et al. Comparative experiment of cherry tomato cultivars under organic substrate culture [J]. Journal of Changjiang Vegetables, 2017, 14: 53-56.
- [4] 程远,万红建,刘超超,等.十六个樱桃番茄品种果实风味品质相关指标比较分析[J].浙江农业学报,2018,30(11):1859-1869. CHENG Y, WAN H J, LIU C C, et al. Comparative analysis of flavor / nutrient determination parameters in 16 different cherry tomato varieties [J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2018, 30 (11): 1859-1869.
- [5] 李琿,王雨霜,俞杰,等.几种番茄营养成分含量的测定[J].浙江农业科学,2020,61(11):2366-2370. LI H, WANG Y S, YU J, et al. Determination of nutrient content of different tomato varieties [J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 2020, 61 (11): 2366-2370.
- [6] 赵习姮,刘扬,李进才,等.H₂O₂处理对采后樱桃番茄和芒果抗冷性的影响[J].天津大学学报,2010,43(9):844-848.

- ZHAO X H, LIU Y, LI J C, et al. Effect of H₂O₂ treatment on cold tolerance of postharvest cherry-tomato and mango fruits[J]. Journal of Tianjin University, 2010, 43(9): 844-848.
- [7] 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 J N, FANG H T, LIU H Y, 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.
- [8] 吴珏, 谢文华, 徐淑婷, 等. 高压静电场处理对椪柑采后贮藏性的影响[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2020, 46(1): 64-73, 82.
- WU J, XIE W H, XU S T, et al. Effect of high voltage electrostatic field treatment on the storability of postharvest ponkan fruit[J]. Journal of Zhejiang University (Agriculture and Life Sciences), 2020, 46(1): 64-73, 82.
- [9] LI S, ZHU B Z, PIRRELLO J, et al. Roles of RIN and ethylene in tomato fruit ripening and ripening-associated traits[J]. New Phytologist, 2020, 226(2): 460-475.
- [10] CAO J P, WANG C Y, XU S T, et al. The effects of transportation temperature on the decay rate and quality of postharvest Ponkan (*Citrus reticulata* Blanco) fruit in different storage periods[J]. Scientia Horticulturae, 2019, 247: 42-48.
- [11] 孙常青. 番茄采后常见病害及防治方法[J]. 中国果菜, 2011(6): 45-46.
- SUN C Q. Common postharvest diseases of tomato and the control methods[J]. China Fruit & Vegetable, 2011(6): 45-46.
- [12] 李培之. 番茄贮藏过程中的病害及其综合防治[J]. 农业工程技术(温室园艺), 2015(4): 68, 70.
- LI P Z. Postharvest diseases of tomato and the integrated control technique[J]. Agricultural Engineering Technology, 2015(4): 68, 70.
- [13] 徐明, 李海涛, 张子君, 等. 番茄灰霉病病原菌生物学特性的研究. 贵州农业科学, 2009, 37(3): 68-71.
- XU M, LI H T, ZHANG Z J, et al. Biological characteristics of gray mold on tomato[J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2009, 37(3): 68-71.
- [14] LUAN Y T, WANG S S, WANG R Q, et al. Accumulation of red apocarotenoid beta-citraurin in peel of a spontaneous mutant of Huyou (*Citrus changshanensis*) and the effects of storage temperature and ethylene application[J]. Food Chemistry, 2020, 309: 125705.
- [15] 刘佳, 乔丽萍, 李喜宏, 等. 温度波动对樱桃番茄贮藏效果研究[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(11): 198-202.
- LIU J, QIAO L P, LI X H, et al. Effect of temperature fluctuation on the storage of cherry tomato[J]. Food Research and Development, 2017, 38(11): 198-202.
- [16] 张文婷, 赵武奇, 鲁晓翔, 等. 四种物流贮藏温度对圣女果品质的影响[J]. 食品工业科技, 2015, 36(5): 329-333.
- ZHANG W T, ZHAO W Q, LU X X, et al. Effect of 4 kinds of logistics storage temperature on the quality of cherry tomatoes[J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(5): 329-333.
- [17] SIDDIQUI M W, LARA I, ILAHY R, et al. Dynamic changes in health-promoting properties and eating quality during off-vine ripening of tomatoes[J]. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2018, 17(6): 1540-1560.
- [18] 姚萍, 蒋海峰, 刘瑶, 等. 不同处理对樱桃番茄贮藏品质的影响[J]. 保鲜与加工, 2021, 21(3): 8-15.
- YAO P, JIANG H F, LIU Y, et al. Effects of different treatments on storage quality of cherry tomatoes[J]. Storage and Process, 2021, 21(3): 8-15.
- [19] BECKLES D M. Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2012, 63(1): 129-140.
- [20] DISTEFANO M, ARENA E, MAURO R P, et al. Effects of genotype, storage temperature and time on quality and compositional traits of cherry tomato[J]. Foods, 2020, 9(12): 1729.

The Effects of Storage Temperature on the Quality of 'Huangfei' Cherry Tomato

Kang Chen¹, Wu Jue¹, Jiang Anze¹, Zhang He¹, Cao Jinping^{1,2,3*}, Sun Chongde^{1,3}

¹College of Agriculture and Biotechnology, Zhejiang University, Hangzhou 310058

²The Rural Development Academy, Zhejiang University, Hangzhou 310058

³Shandong (Linyi) Institute of Modern Agriculture, Zhejiang University, Linyi 276000, Shandong)

Abstract Present study investigated the effects of storage temperature on the physiology and fruit quality of 'Huangfei' cherry tomato. The results showed that, 'Huangfei' cherry tomato is tolerated to the above 0 °C low temperatures, without any chilling injury syndrome occurred in the 15 d storage. The ethylene release rate and respiratory rate showed a general trend of decrease with the elongation of storage time. A peak of ethylene release rate existed in the 20 °C and 16 °C groups at the 15 h. Both the ethylene release rate and respiratory rate were significantly higher in the 20 °C and 16 °C groups compared to the fruit stored under lower temperatures. The weight loss rate, fruit decay rate, color, freshness of carpel and sepals were significantly affected by the storage temperature, with the lower temperatures being more beneficial for the improvement of these index. The fruit hardness, TSS and TA contents remained stable in the 15 d storage, which were affected less by the storage temperature. The results of fuzzy sensory evaluation by Electric-tongue indicated that the flavor quality changed after storage, and the lower temperatures were more beneficial at maintaining the fruit quality. Taking the fruit loss and fruit quality into general consideration, 0–8 °C was suitable to be applied for the storage of 'Huangfei' cherry tomato.

Keywords cherry tomato; postharvest; storage; temperature