

不同番茄品种采后品质变化和耐贮性比较

姜元昊, 张凯浩, 高亚宁, 马新超, 杨鸿基, 轩正英

(新疆特色果树高效优质栽培与深加工技术国家地方联合工程实验室·塔里木大学园艺与林学院 新疆阿拉尔 843300)

摘要:以 10 个番茄栽培品种(T1~T10)为试验材料,设置 0、4、8、12、16 d 共 5 个贮藏时间,通过测定果实腐烂率、失重率、果实硬度、可溶性蛋白含量、可溶性糖含量、有机酸含量、番茄红素含量和类黄酮含量等 13 个品质指标,分析不同番茄品种果实采后耐贮性及品质变化,以筛选耐贮性强的品种。结果表明,随着贮藏时间的延长,T5 的腐烂率、失重率及硬度下降最低,T2 色泽保持最好。其中 T3 和 T5 总酚含量最高峰出现最晚;T5、T9 的类黄酮含量下降率最低,分别为 14.81%和 12.12%;贮藏第 16 天 T4、T10 的 SOD 活性最高;T5 的 POD 活性显著高于其他品种。最终经过隶属函数分析比较,澳粉 805(T5)和普金 902(T3)的贮藏性最佳,适合在新疆地区推广种植。

关键词:温室番茄;品种比较;品质变化;耐贮性

中图分类号:S641.2

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2023)06-114-06

Comparison of postharvest quality changes and storage resistance of different varieties of tomatoes

JIANG Yuanhao, ZHANG Kaihao, GAO Yaning, MA Xinchao, YANG Hongji, XUAN Zhengying

(The National-local Joint Engineering Laboratory for Efficient and High-quality Cultivation and Deep Processing Technology of Characteristic Fruit Trees in Southern/College of Horticulture and Forestry Sciences, Tarim University, Alar 843300, Xinjiang, China)

Abstract: Ten tomato cultivars were used as test materials, and five storage times of 0, 4, 8, 12, and 16 d were set. 13 quality indexes, including fruit decay rate, weight loss rate, fruit hardness, soluble protein, soluble sugar, organic acid, lycopene and flavonoid content, were measured to analyze the postharvest storage resistance and quality changes of different tomato varieties in order to select varieties with strong storage resistance. The results showed that the decay rate, weight loss and hardness of T5 decreased the least with the extension of storage time, and T2 maintained the best color. The highest peak of total phenolic content of T3 and T5 appeared the latest; the lowest decrease of flavonoid content of T5 and T9 were 14.81% and 12.12%, respectively; the highest SOD activity of T4 and T10 varieties in the 16th d of storage; the POD activity of T5 was significantly higher than other varieties. Finally, after the comparison of the affiliation function analysis, Aofen 805 (T5) and Pujin 902 (T3) had the best storability and were suitable for the promotion of cultivation in Xinjiang.

Key words: Greenhouse tomato; Variety comparison; Quality changes; Storability

番茄(*Solanum lycopersicum* L.)是茄科茄属的一年生草本植物,原产于南美洲^[1],又称洋柿子、西红柿,其果实内含有丰富的类胡萝卜素、矿物质元素和维生素等营养物质^[2],具有美容养颜、预防心血管疾病和延缓衰老等功效,深受广大消费者青睐^[3]。

番茄属呼吸跃变型果实,呼吸强度大、生理代谢旺盛^[4]。由于番茄果实皮薄汁多的特点,在贮藏和运输过程中,容易出现霉变、果汁外流和腐烂等情况,极大地降低了番茄商品价值。因此,番茄果

实的生理变化及贮藏特性研究成为了其生产过程中不可或缺的部分。近年来众多学者针对延长番茄货架期及减少采后损失的问题进行了一系列的研究,提出了改善贮藏条件^[5-6]、采后果实药剂处理^[7-8]以及改变包装方式^[9]等方法,用以延长番茄果实贮藏时间。虽然这些方法可以延迟番茄果实的贮藏时间及货架期,但由于品种不同,在果实采后生理变化存在一定差异,因此,改变番茄果实自身的采后生理、品质、耐贮性才能从根本上解决问

收稿日期:2022-07-26;修回日期:2023-04-29

基金项目:塔里木大学校长基金一般项目(TDZKYB201903);新疆园艺研究中心科研条件建设(TDZKKY202204);塔里木大学团队建设基金项目(TDJXTD2207)

作者简介:姜元昊,男,在读硕士研究生,研究方向蔬菜资源与遗传育种。E-mail:1451257379@qq.com

通信作者:轩正英,女,教授,硕士生导师,研究方向为蔬菜种质资源与遗传育种。E-mail:xyzyky@163.com

题。目前关于改变番茄果实的耐贮性以及采后品质的相关研究较少。笔者选择 10 个番茄品种,测量其贮藏期内果实腐烂率、品质及抗氧化能力等指标。通过探讨 10 个番茄品种的贮藏特性,旨在生产上选择优质耐贮藏的品种提供参考。

1 材料与amp;方法

1.1 材料

选用 10 个番茄品种作为试验材料(表 1),试验于 2021 年 2—6 月在塔里木大学园艺试验站 1 号日光温室内进行。2 月育苗,3 月定植,进行常规的田间管理,试验栽培基质采用 $V_{\text{黄沙}}:V_{\text{草炭}}=5:1$,6 月成熟期进行采收。

表 1 供试材料

编号	材料名称	来源	类型
T1	美国硬粉	荷兰德奥特种业有限公司	杂交种
T2	普罗旺斯	山东省南澳绿亨种业有限公司	杂交种
T3	普金 902	山东省南澳绿亨种业有限公司	杂交种
T4	冠群 7 号	山东省南澳绿亨种业有限公司	杂交种
T5	澳粉 805	北京东升种业有限公司	杂交种
T6	盛丰 3 号	山东省南澳绿亨种业有限公司	杂交种
T7	冠群 6 号	山东省南澳绿亨种业有限公司	杂交种
T8	粉抗 3 号	山东省南澳绿亨种业有限公司	杂交种
T9	粉抗 1 号	山东省南澳绿亨种业有限公司	杂交种
T10	冠群 3 号	乌鲁木齐常绿园种子有限公司	杂交种

1.2 试验设计

选用分区随机重复试验,每个品种 4 次重复,小区面积为 3.0 m^2 (长 3.0 m ,宽 0.4 m ,槽间距 0.6 m),株行距 $35\text{ cm}\times 35\text{ cm}$,每小区种植 20 株。植株采用麻绳吊蔓,单干整枝,5 穗果上留 2 片叶摘心。采用悬挂黄板进行防虫,不喷施植物激素催熟,不疏花疏果。在成熟期选择无畸形、无病虫害、无机械损伤且成熟度一致的果实作为试验样品进行采收。

对每个品种随机采集 720 个果实。采后存于田间 1 h 散去果实多余热量。每 30 个果实用 0.03 mm 的 PE 保鲜袋包装成 1 袋,做好标记,放入 $9\text{ }^\circ\text{C}$ 恒温冰箱中贮藏。在贮藏后 0、4、8、12、16 d 进行生理指标测定。

1.3 测定项目及方法

腐烂率测定采用观察法,每个品种随机选取 120 个果实,统计腐烂的数量,果皮上附有霉斑、汁液外露均属于腐烂果实。

$$\text{腐烂率}/\% = \text{腐烂果数}/\text{总数}\times 100. \quad (1)$$

失重率测定采用百分之一天平。

$$\text{失重率}/\% = (\text{贮藏前果实质量} - \text{贮藏后果实质$$

$$\text{量})/\text{贮藏前果实质量}\times 100. \quad (2)$$

色泽:采用色差仪测定其赤道部果皮色泽,每个品种随机选取 30 个果实,每个果实测定 4 次,记录 a 和 b 。 a 值代表红色,值越大,果皮越红; b 值代表黄色,值越大,果皮越黄。

采用硬度下压 10 mm 计测定果实赤道部对称 4 个点的带皮硬度,每个品种随机选取 30 个果实。

将果实去皮后,每个品种随机选取 30 个果实,每个果实取 $10\sim 15\text{ g}$ 果肉为样品,混合均匀存入 $-80\text{ }^\circ\text{C}$ 冰箱,用于测定生理品质指标。采用蒽酮比色法^[10]测定可溶性糖含量;按照 GB 5009.33—2016^[11]测定有机酸含量;按照 GB 5009.5—2016^[12]测定可溶性蛋白含量;参照高俊凤^[13]的方法测定过氧化物酶(POD)活性、超氧化物歧化酶(SOD)活性。采用分光光度计法测定^[14]番茄红素含量;参考曹建康等^[15]的方法测定维生素 C、总酚和类黄酮含量。

1.4 数据分析

采用 Excel 2019 软件以及 IBM SPSS 25 统计分析软件对所测定指标进行处理与分析。各项指标运用隶属函数法进行综合性分析,隶属函数计算公式如下:

$$U_{ij} = 1 - (X_{ij} - X_{j\min}) / (X_{j\max} - X_{j\min}). \quad (3)$$

i 表示某个品种; j 表示某项指标。 U_{ij} 是 i 品种 j 指标的隶属函数值; X_{ij} 表示 i 品种的果实 j 指标贮藏 16 d 时与贮藏时相比下降的百分比; $X_{j\min}$ 表示所有品种中 j 指标下降百分比的最小值; $X_{j\max}$ 表示所有类型中 j 指标下降百分比的最大值。

2 结果与分析

2.1 不同番茄品种贮藏期内腐烂率比较

由表 2 可以看出,各品种番茄随贮藏时间增加

表 2 10 个番茄品种贮藏过程中腐烂率的变化 %

品种	贮藏时间/d				
	0	4	8	12	16
T1	0.00	0.00	1.70 d	13.33 c	26.67 c
T2	0.00	0.00	8.43 a	21.67 a	40.36 a
T3	0.00	0.00	6.67 b	15.03 b	25.00 d
T4	0.00	0.00	3.33 c	11.67 d	26.67 c
T5	0.00	0.00	1.60 d	3.33 g	6.67 h
T6	0.00	0.00	1.67 d	4.96 f	15.03 f
T7	0.00	0.00	8.33 a	15.00 b	31.67 b
T8	0.00	0.00	3.33 c	6.67 e	15.00 f
T9	0.00	0.00	3.33 c	6.67 e	21.67 e
T10	0.00	0.00	3.33 c	6.67 e	11.67 g

注:同列数字后不同小写字母表示不同处理间在 0.05 水平差异显著。下同。

腐烂率均呈升高趋势。第4天时,无腐烂情况;在贮藏第8天时,各品种间腐烂程度出现差异,与T1、T5和T6相比,T2和T7的腐烂率显著升高。在贮藏16d时,共有6个品种腐烂率超高20.00%,其中T2的腐烂率最高,为40.36%;其次是T7,腐烂率为31.67%,T5腐烂率最低,为6.67%。

2.2 不同番茄品种贮藏期内果实失重率比较

由表3可知,随贮藏时间延长,各品种番茄的失重率均呈持续升高趋势。0d时,各品种间果实失重率均为0;从第4天开始,各品种间果实失重率差异变大;在贮藏16d后,T6的失重率显著高于其他品种,为10.03%,T5的失重率最低为2.41%,其次是T8和T4。

2.3 不同番茄品种贮藏期内果实硬度和色差变化比较

由表4可以看出,相比0d,贮藏16d各品种番茄果实的硬度下降,贮藏16天不同番茄品种果实硬度下降百分率由高到低顺序依次为T2>T9>T7>T10>T4>T8>T1>T3>T6>T5。贮藏第16

表3 10个番茄品种贮藏过程中失重率的比较

品种	贮藏时间/d					%
	0	4	8	12	16	
T1	0.00	0.28 a	1.36 c	2.45 e	4.63 e	
T2	0.00	0.02 d	0.69 e	3.65 c	4.93 d	
T3	0.00	0.01 ef	2.31 b	2.50 e	4.91 d	
T4	0.00	0.01 f	0.94 d	1.35 g	3.18 f	
T5	0.00	0.01 fg	0.50 f	0.95 h	2.41 h	
T6	0.00	0.02 de	0.18 g	5.65 a	10.03 a	
T7	0.00	0.01 g	0.12 hi	3.02 d	7.32 b	
T8	0.00	0.13 b	0.18 gh	2.50 e	2.78 g	
T9	0.00	0.05 c	2.77 a	5.43 b	6.89 c	
T10	0.00	0.00 g	0.10 i	2.11 f	3.31 f	

天T5和T6硬度显著高于其他品种,其中T2果实硬度下降最快,果实硬度仅为 $6.38 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$,较贮藏前硬度下降了39.47%。T5果实硬度降幅最小,为7.16%。

如表4所示,贮藏16d时T7、T10的 a/b 值分别为贮藏0d的81.13%和82.28%,变化幅度较大;澳粉805(T5)的 a/b 为贮藏0d的93.33%,能更好

表4 10个番茄品种贮藏过程中硬度和色差变化的比较

编号	硬度/ $\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$					a/b				
	0 d	4 d	8 d	12 d	16 d	0 d	4 d	8 d	12 d	16 d
T1	9.47 d	8.21 e	8.35 d	7.42 d	7.62 cd	1.44 bc	1.39 bc	1.39 abc	1.30 c	1.29 c
T2	10.54 cd	9.22 d	8.46 cd	9.75 bc	6.38 d	1.66 a	1.49 abc	1.48 a	1.47 a	1.44 a
T3	11.04 bc	10.56 c	10.45 bc	10.59 b	9.63 ab	1.60 ab	1.52 a	1.43 ab	1.39 ab	1.39 ab
T4	11.85 abc	11.76 b	10.42 bc	7.21 d	8.31 bc	1.63 ab	1.46 abc	1.43 ab	1.40 ab	1.38 ab
T5	12.29 a	10.35 c	11.42 ab	12.36 a	11.41 a	1.35 c	1.34 c	1.29 c	1.26 c	1.26 c
T6	12.55 a	12.56 a	12.42 a	11.04 ab	11.36 a	1.56 bc	1.47 abc	1.39 abc	1.36 abc	1.32 b
T7	11.75 ab	10.79 c	9.46 c	9.39 bc	7.54 cd	1.59 abc	1.51 ab	1.36 bc	1.30 c	1.29 c
T8	11.72 ab	9.54 d	8.50 cd	9.34 bc	8.87 abc	1.53 bc	1.50 ab	1.44 ab	1.33 bc	1.30 bc
T9	12.57 a	10.44 c	7.42 de	7.16 d	7.74 bc	1.52 bc	1.46 abc	1.36 bc	1.33 bc	1.29 c
T10	12.85 a	7.51 f	6.22 de	8.99 c	8.76 b	1.58 abc	1.36 bc	1.33 bc	1.30 c	1.30 bc

注:色差仪中 a 值代表红色, a 越大红色越强; b 值代表黄色, b 越大,黄色越强。 a/b 的大小反映果实颜色的变化。

地保持色泽。

2.4 不同品种番茄贮藏期可溶性糖、可溶性蛋白、维生素C、有机酸及番茄红素含量分析

由表5可知,不同品种番茄的可溶性糖、可溶性蛋白、有机酸、维生素C及番茄红素含量不同(表5)。从总体上看,0~16d可溶性糖含量呈现先增加后降低的趋势,在第4天达到最高(除T7外),可溶性蛋白含量和有机酸含量整体呈下降趋势;各品种不同贮藏时间维生素C和番茄红素含量变异幅度存在较大差异。在贮藏0d,T7可溶性糖含量显著高于其他品种,在贮藏0~4d时,T7可溶性糖含量

最高,T8含量最低;贮藏16d后,T3可溶性糖含量显著高于其他品种,T4可溶性糖含量最低,分别为 20.47 和 $11.33 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,为贮藏4d的80.85%和41.44%。

贮藏0d,T5可溶性蛋白含量显著高于其他品种,T5在0~4d时可溶性蛋白含量下降幅度最快,贮藏第16天,T10、T9可溶性蛋白含量较高,含量为 0.29 、 $0.27 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$,为贮藏0d的67.50%、70.73%。

第4天时,T1、T4维生素C含量均达到最大值,而T2、T3、T6、T7、T8、T9及T10在第8天达到最大值,T5则在第12天达到最大值,在贮藏第16天,

表5 10个番茄品种贮藏过程中可溶性蛋白、可溶性糖、维生素C、有机酸及番茄红素含量的比较

指标	编号	贮藏时间/d				
		0	4	8	12	16
w(可溶性蛋白)/ (mg·g ⁻¹)	T1	0.37 b	0.29 bc	0.25 d	0.24 abc	0.23 cd
	T2	0.41 b	0.29 bc	0.27 cd	0.28 abc	0.24 bc
	T3	0.40 b	0.34 ab	0.31 ab	0.29 ab	0.24 bc
	T4	0.42 b	0.33 ab	0.32 a	0.26 abc	0.19 d
	T5	0.49 a	0.30 bc	0.27 cd	0.23 bcd	0.23 cd
	T6	0.42 b	0.26 c	0.26 d	0.25 abc	0.23 c
	T7	0.42 b	0.29 bc	0.22 e	0.22 cd	0.21 cd
	T8	0.39 b	0.33 ab	0.32 a	0.20 d	0.19 d
	T9	0.40 b	0.35 ab	0.29 bc	0.29 ab	0.27 ab
	T10	0.41 b	0.37 a	0.31 ab	0.30 a	0.29 a
w(可溶性糖)/ (g·kg ⁻¹)	T1	16.01 c	21.73 e	18.41 e	17.67 c	15.83 c
	T2	20.31 b	27.19 b	23.23 b	20.85 b	18.60 b
	T3	21.47 b	25.32 c	24.96 a	23.03 a	20.47 a
	T4	13.27 d	27.34 b	18.62 de	12.36 e	11.33 e
	T5	20.36 b	20.55 f	17.62 e	15.28 d	12.96 de
	T6	17.96 bc	24.70 c	22.27 b	17.98 c	15.77 c
	T7	28.37 a	28.37 a	20.60 c	18.97 bc	16.57 c
	T8	17.41 bc	19.17 g	18.45 e	15.24 d	12.33 de
	T9	15.22 c	21.64 e	20.21 cd	15.28 d	13.74 d
	T10	19.35 bc	23.39 d	22.38 b	17.97 c	16.68 c
w(维生素C)/ (mg·100 g ⁻¹)	T1	30.03 g	73.57 a	58.98 de	64.93 cd	58.49 c
	T2	46.63 bc	47.01 c	75.31 bcd	60.87 de	44.65 e
	T3	47.46 b	50.24 c	79.08 abc	70.56 c	71.30 a
	T4	44.45 cd	73.26 a	65.63 cde	57.96 e	39.37 f
	T5	33.55 f	45.05 c	52.90 e	60.43 de	50.42 d
	T6	45.09 bc	76.04 a	86.78 ab	79.81 b	51.49 d
	T7	42.49 d	49.26 c	93.13 a	93.10 a	71.94 a
	T8	54.76 a	75.71 a	79.85 abc	68.15 c	61.01 c
	T9	47.22 b	54.51 bc	88.13 ab	71.09 c	68.95 ab
	T10	38.91 e	65.78 ab	71.69 bcd	68.29 c	66.22 b
w(有机酸)/ (mg·g ⁻¹)	T1	3.85 d	3.55 cd	2.93 c	3.13 cd	2.93 cd
	T2	4.54 ab	4.18 a	4.00 a	3.89 a	3.52 a
	T3	4.07 cd	4.14 a	4.00 a	3.72 ab	2.92 cd
	T4	4.24 bcd	4.02 ab	2.76 c	2.68 e	2.17 f
	T5	4.93 a	4.09 a	3.57 b	3.35 c	3.09 bc
	T6	4.33 bc	4.22 a	4.13 a	3.36 c	3.08 bc
	T7	4.17 bcd	3.78 bc	3.61 b	3.38 bc	3.32 ab
	T8	3.91 cd	3.44 d	3.03 c	2.79 de	2.71 de
	T9	3.96 cd	3.64 cd	3.54 b	3.35 c	3.28 ab
	T10	4.10 bcd	3.70 cd	3.03 c	2.86 de	2.59 e
w(番茄红素)/ (mg·100 g ⁻¹)	T1	4.45 cd	3.21 fg	5.22 bc	6.05 b	5.26 b
	T2	6.10 a	4.64 b	8.64 a	4.28 e	4.58 b
	T3	5.63 ab	5.18 a	5.85 b	4.51 de	4.48 bc
	T4	3.99 de	3.07 g	4.63 cde	4.99 cde	4.55 c
	T5	3.57 de	3.47 ef	4.16 de	5.73 bc	4.79 b
	T6	4.27 cde	3.78 cd	4.97 bcd	7.54 a	6.38 a
	T7	5.06 bc	4.07 c	5.35 bc	5.56 bc	4.87 b
	T8	4.44 cd	3.99 c	5.37 bc	5.28 bcd	4.34 bc
	T9	4.03 de	3.59 de	4.80 cd	4.88 cde	4.34 bc
	T10	3.51 e	3.18 fg	3.85 e	4.35 e	3.62 c

T4 维生素 C 含量显著低于其他品种, T3 和 T7 保持较高的维生素 C 含量。

贮藏第 16 天时 T4、T5、T10 有机酸含量降幅最大, T3、T6、T9 的降幅较小, T2、T7、T9 等品种保持了相对较高的有机酸含量, 降幅也低于其他品种。

贮藏第 8 天时, T2、T3、T8 番茄红素含量达到最高峰; 其余品种番茄红素含量最高峰出现在 12 d 左右。在贮藏期间, T4 番茄红素含量波动较小, 且番茄红素含量相对较低, 贮藏第 16 天时番茄红素含量最高的品种为 T6, 最低的品种为 T10。

2.5 不同番茄品种贮藏期内果实总酚、类黄酮含量及抗氧化能力比较

由表 6 可知, 贮藏期间, 各品种番茄果实总酚含量呈现先升高后降低的趋势。在贮藏第 4 天时, T1、T4、T7 和 T8 相对含量达到最大值 1.66 mg·g⁻¹、1.31 mg·g⁻¹、2.19 mg·g⁻¹、1.38 mg·g⁻¹。T2、T6、T9、T10 的总酚含量高峰出现在第 8 天。T3、T5 总酚含量峰值出现在 12 d; 贮藏 16 d, T2、T3、T7 总酚含量显著高于其他品种。试验中 T3、T5 总酚含量峰值出现的较晚, 波动幅度更小, 在贮藏末期, 总酚含量略高于其他品种。

贮藏期间, 不同番茄品种果实类黄酮含量呈现先升高后降低的趋势, T4、T5、T6、T8、T9、T10 在第 4 天含量达到最大值, T1、T2、T3、T7 在第 8 天达到峰值, 随后开始下降。贮藏 8~12 d 时, T1 下降幅度最大, 为 51.77%, 贮藏第 8 天时, T2 类黄酮含量显著高于其他品种, 其含量为 1.02 mg·g⁻¹; 贮藏第 16 天时, 类黄酮含量最高的是 T2, 最低为 T6、T10。

如表 6 可知, 贮藏期间, 10 个番茄品种果实 SOD 活性均呈现先升高后降低的趋势。在贮藏第 4 天时, 各品种 SOD 活性均达到最大值, 其中 T3 活性最高, 达 19.46 U·g·min⁻¹, T10 的活性最低, 为 15.78 U·g·min⁻¹。在贮藏 16 天时, T10 SOD 活性最高为 10.04 U·g·min⁻¹, T8 SOD 活性最低, 为 4.00 U·g·min⁻¹。

在贮藏期间, 0~4 d 不同番茄品种果实的 POD 活性呈现升高趋势 (T6 除外), 8~12 d T1、T2、T4、T6、T7、T9 及 T10 POD 活性呈现下降趋势, T3、T5 及 T8 呈上升趋势。T3 品种 POD 活性出现最高峰; 贮藏第 12 天, T5 POD 活性显著高于其他品种, 其活性为 374.33 U·g·min⁻¹。贮藏第 16 天时, T5 的 POD 活性显著高于其他品种, T6、T10 果实 POD 活性显著低于其他品种, 活性为 80.44 U·g·min⁻¹、

表6 10个番茄品种贮藏过程中总酚含量、类黄酮含量、SOD和POD的比较

指标	编号	贮藏时间/d				
		0	4	8	12	16
w(总酚)/ (mg·g ⁻¹)	T1	1.54 a	1.66 ab	1.64 b	0.93 d	0.80 b
	T2	1.50 a	1.63 ab	2.11 a	1.47 b	0.95 a
	T3	1.07 abc	1.26 bc	1.61 b	1.70 a	1.05 a
	T4	1.26 ab	1.31 bc	1.09 c	0.97 d	0.76 b
	T5	0.76 bc	0.95 c	1.09 c	1.13 c	0.63 c
	T6	0.72 c	1.30 bc	1.60 b	1.04 cd	0.64 c
	T7	1.05 abc	2.19 a	2.13 a	1.76 a	0.97 a
	T8	0.90 bc	1.38 bc	0.57 d	0.48 f	0.45 d
	T9	0.88 bc	1.29 bc	1.58 b	0.74 e	0.56 c
	T10	0.86 bc	0.97 c	1.54 b	0.65 e	0.55 c
w(类黄酮)/ (mg·g ⁻¹)	T1	0.77 a	0.77 b	0.80 b	0.33 cd	0.37 ab
	T2	0.60 ab	0.76 b	1.02 a	0.43 ab	0.41 a
	T3	0.44 bcd	0.69 cd	0.78 b	0.44 a	0.33 c
	T4	0.51 abc	0.88 a	0.46 d	0.49 a	0.34 bc
	T5	0.27 cd	0.45 f	0.37 de	0.24 e	0.23 e
	T6	0.25 d	0.70 c	0.59 c	0.36 bc	0.19 f
	T7	0.55 abc	0.85 a	0.88 b	0.27 de	0.34 bc
	T8	0.36 bcd	0.63 de	0.24 f	0.23 e	0.21 ef
	T9	0.33 bcd	0.59 e	0.48 cd	0.35 c	0.29 d
	T10	0.36 bcd	0.63 de	0.30 ef	0.27 de	0.19 f
SOD 活性/ (U·g·min ⁻¹)	T1	15.95 a	19.13 ab	18.55 a	13.86 a	8.83 abc
	T2	13.72 b	18.05 abc	16.52 b	12.98 ab	7.37 cd
	T3	13.61 b	19.46 a	13.24 c	13.61 a	8.23 bcd
	T4	10.61 e	16.23 cd	14.01 c	10.62 c	9.49 ab
	T5	11.52 de	16.83 bcd	6.94 ef	6.92 d	6.78 d
	T6	12.92 bcd	17.25 abc	8.87 de	6.34 d	4.46 e
	T7	13.16 bc	18.71 abc	9.78 d	9.68 c	7.09 cd
	T8	11.96 cde	17.40 abc	5.63 f	4.75 d	4.00 e
	T9	13.62 b	17.64 abc	12.49 c	10.89 bc	9.53 ab
	T10	12.86 bcd	15.78 d	14.39 c	13.84 a	10.04 a
POD 活性/ (U·g·min ⁻¹)	T1	111.66 g	120.67 f	196.67 de	104.33 g	100.44 d
	T2	128.33 f	144.00 e	211.33 cd	203.33 c	110.00 cd
	T3	284.67 a	291.33 a	294.33 a	355.33 b	242.33 b
	T4	137.00 ef	157.67 de	242.67 b	175.67 d	111.11 cd
	T5	143.33 de	187.33 c	227.67 bc	374.33 a	303.56 a
	T6	82.00 h	69.33 g	144.67 f	66.67 h	80.44 f
	T7	178.67 b	257.67 b	281.33 a	201.33 c	119.78 c
	T8	157.33 cd	171.67 d	119.33 g	120.67 f	112.67 cd
	T9	158.67 c	166.33 d	180.00 e	156.67 e	113.11 cd
	T10	132.67 ef	148.33 e	190.67 de	146.33 e	90.67 ef

90.67 U·g·min⁻¹。

2.6 贮藏第16天不同番茄品种贮藏特性隶属函数分析比较

在贮藏第16天,运用隶属函数分析法对各品

种贮藏特性进行分析,腐烂率选用贮藏第16天的数值;可溶性糖、可溶性蛋白、维生素C、有机酸和番茄红素含量,选用贮藏0d到贮藏第16天所下降的百分比。如表7所示。T5的综合得分值最高为0.67,T3次之为0.59,T8的排名最低。各品种的耐贮性综合评价排名顺序为T5>T3>T10>T6>T1>T9>T7>T4>T2>T8。

表7 10个番茄品种耐贮性综合评价

品种编号	综合得分	排名
T5	0.67	1
T3	0.59	2
T10	0.53	3
T6	0.53	4
T1	0.52	5
T9	0.51	6
T7	0.36	7
T4	0.37	8
T2	0.35	9
T8	0.32	10

3 讨论与结论

不同番茄品种的果实耐贮期存在差异,这主要与果实的硬度、含水量、营养成分及采后生理代谢等因素有关^[16],番茄皮薄多汁,耐贮期短,采后极易遭受微生物侵染发生果品腐烂,从而降低商品价值。齐景凯等^[17]研究表明,番茄果实在贮藏期间的腐烂率和失重率会随着贮藏时间的延长而逐渐升高,硬度随之下降,与笔者的试验结果一致。番茄贮藏过程中品质也会不断发生变化,笔者试验中的果实有机酸、可溶性蛋白含量都呈持续下降的趋势,这与余定浪等^[18]和弓德强等^[19]的研究结果相似。可溶性糖是果实进行呼吸作用的底物之一,其含量的高低可以反映出果实代谢能力的强弱,本试验各番茄品种在贮藏期间,可溶性糖含量呈先升高后降低的波动曲线,于第4天达到了峰值(T7除外)。另有研究结果表明^[20],在8℃下贮藏的番茄,果实中各类可溶性糖含量在贮藏第7天达到峰值,然后逐渐下降,这与本试验结果存在差异,可能与材料差异、采收成熟度及取样时间不同有关。笔者在研究中还发现,番茄红素和维生素C含量在贮藏期间大多数品种呈先升高后降低的趋势,但不同番茄品种番茄红素含量的峰值时间点不同。T2的波动幅度大、代谢旺盛,T5和T3波动幅度较小、代谢较为平稳。

总酚类物质不仅具有抗氧化性,而且具有保持

果实风味的能力;笔者的试验中 T3、T5 总酚含量峰值出现晚,波动幅度较小,更有利于贮藏期果实风味的保持。类黄酮是一类具有多种生物活性的多酚类化合物,笔者的试验中类黄酮呈先升高后降低的趋势。果实中抗氧化酶活性的高低也可以为耐贮性的评价提供一定的依据。在本试验中,贮藏期番茄果实的 POD 和 SOD 活性呈先升高后降低的趋势,贮藏末期 T5 的 POD 活性显著高于其他品种。各品种 SOD 活性在贮藏第 4 天达到峰值,然后开始下降,贮藏末期 T10、T9 的 SOD 活性依然保持较高的水平。

衡量一个品种的耐贮性不能仅依靠单一的指标进行排序和评价。刘铮等^[21]运用隶属函数分析对 8 个蓝莓品种的果实形状、品质以及抗氧化能力进行综合性评价,最终得出 8 个品种的耐贮性排序。袁雪^[22]利用综合评价以及聚类分析把 8 个青皮核桃品种按照各自特点分为三类,评价其低温贮藏条件下的耐贮能力。本试验结果表明,澳粉 805(T5)和普金 902(T3) 2 个品种采后生理代谢缓慢、耐贮性强、货架期长,这与李鹏鹤^[23]、张瑞^[24]的研究较为一致。代谢快慢决定于贮藏时间,冠群 6 号(T7)、冠群 7 号(T4)、普罗旺斯(T2)、粉抗 3 号(T8)采后代谢旺盛、衰老较快、耐贮能力差、贮藏期短,与张朝坤等^[25]、安瑞丽等^[26]的研究结果一致,适合生产推广。

对 10 个番茄品种在采后贮藏过程中腐烂率、硬度、品质和抗氧化性等指标变化规律综合分析的结果表明,澳粉 805 和普金 902 果实的耐贮性能强,在贮藏第 16 天后仍能保持较好的品质,适合远距离销售;冠群 6 号、冠群 7 号、普罗旺斯、粉抗 3 号贮藏期果实养分流失较快、贮藏性能差、贮藏期较短,适合短途运输或就地销售。

综上所述,代谢速度缓慢有利于运输,延长货架期,澳粉 805(T5)和普金 902(T3)在试验中适合当地种植推广。

参考文献

- [1] NURUDDIN M M, MADRAMOOTOO C A, DODDS G T. Effects of water stress at different growth stages on greenhouse tomato yield and quality[J]. Hortscience, 2003, 38 (7): 1389-1393.
- [2] 卢琦. 番茄品质性状多样性分析与农艺性状鉴定[D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学,2021.
- [3] 马建慧,郑兴征,陈虹,等. 番茄红素对 D-半乳糖致衰老小鼠的抗氧化作用[J]. 中国老年学杂志,2010,30(21):3142-3143.
- [4] 杨智超,曹阳,沈超怡,等. 基于高压静电场处理的樱桃番茄果实贮藏期生理品质及其代谢[J]. 食品科学,2021,42(21):168-176.
- [5] 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.
- [6] 章潇天,张愨,过志梅. 超声波-气调联合处理对番茄丝瓜混合贮藏保鲜效果的影响[J]. 食品与生物技术学报,2020,39(12):62-70.
- [7] 潘廷跳,石停凤,文狄等. 魔芋葡甘聚糖复合膜液对樱桃番茄的保鲜效果[J]. 食品工业,2020,41(6):60-63.
- [8] 刘慧,张静林,刘杰超,等. 施硒对樱桃番茄贮藏品质及 3 种活性氧代谢酶的影响[J]. 食品工业科技,2019,40(24):256-261.
- [9] 李跃红,李伟岸,张东亚,等. 不同包装对番茄采后生理及保鲜效果的影响[J]. 包装与食品机械,2017,35(6):1-6.
- [10] 张妍,刘太林. 苯酚-硫酸法与蒽酮-硫酸法测定麦冬中麦冬多糖含量的比较研究[J]. 现代食品,2018(18):95-102.
- [11] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定:GB 5009.33-2016[S]. 北京:中国标准出版社,2017.
- [12] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定:GB 5009.5-2016[S]. 北京:中国标准出版社,2016.
- [13] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2006.
- [14] 高美玲,袁成志,李冬梅,等. 西瓜种质资源番茄红素含量比较研究[J]. 北方园艺,2013(7):9-12.
- [15] 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.
- [16] 张朝坤,陈洪彬,康仕成,等. 不同品种番石榴果实耐藏性和采后品质变化比较[J]. 南方农业学报,2018,49(7):1409-1414.
- [17] 齐景凯,曹霞,张晓雷. 粉果番茄贮藏期间主要性状变化规律研究[J]. 北方园艺,2016(1):117-120.
- [18] 余定浪,王玮琪,孙昊,等. 不同处理对番茄货架期品质变化的影响[J]. 食品科技,2014,39(4):32-36.
- [19] 弓德强,李敏,高兆银,等. 1-甲基环丙稀处理对樱桃番茄果实采后低温贮藏品质的影响[J]. 食品与发酵工业,2022,48(4):116-122.
- [20] 颌博杰,刘晓奇,张洋,等. 番茄果实采后贮藏期风味品质的动态变化[J]. 甘肃农业大学报,2021,56(1):94-101.
- [21] 刘铮,黄含达,杨静慧,等. -1℃贮藏下不同品种设施蓝莓果实耐储特性的比较[J]. 北方园艺,2019(14):117-123.
- [22] 袁雪. 不同品种青皮核桃耐贮性比较及其影响因素研究[D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学,2018.
- [23] 李鹏鹤. 乙烯调控后熟甜瓜果实细胞壁代谢及其结构变化[D]. 郑州:河南农业大学,2015.
- [24] 张瑞. 甜瓜果实熟软化过程中细胞壁代谢及其调控[D]. 郑州:河南农业大学,2013.
- [25] 张朝坤,陈洪彬,康仕成,等. 不同品种番石榴果实耐藏性和采后品质变化比较[J]. 南方农业学报,2018,49(7):1409-1414.
- [26] 安瑞丽,王斌,魏长庆,等. 不同贮藏温度对采后伽师瓜果实冷害及品质的影响[J]. 食品科学,2018,39(9):196-201.