

咪鲜胺对沃柑早采果贮藏品质的聚类分析

李宏祥¹, 陈 俐¹, 欧阳艳², 李建仁¹, 陈为峰³, 胡建琴⁴, 王春发^{1*}, 刘冬洋⁵

1. 衡阳市农业科学院/湖南省农业科学院衡阳分院, 湖南衡阳 421101; 2. 衡阳市农业农村局, 湖南衡阳 421001; 3. 湖南省农业科学院园艺研究所, 湖南长沙 410125; 4. 江西省抚州市农业科学研究所, 江西抚州 344100; 5. 湖南省龙凤农业开发股份有限公司, 湖南衡阳 421303

摘 要: 为了探索沃柑果实免遭霜冻害的方法, 以 2021—2022 年提早采收的沃柑为材料, 在室温贮藏条件下, 采用咪鲜胺处理, 以清水为对照 (CK), 测定各处理在贮藏期的糖、酸、维生素 C 等品质指标, 以及失重率、腐烂率、电导率等耐贮性指标, 并利用 SPSS 分析软件对 2 a 的 7 个指标进行聚类分析。结果表明: 咪鲜胺能有效抑制沃柑贮藏期腐烂病菌的生长, 延迟果实腐烂发生的时间; 同时果实可溶性固形物含量能够维持在采前水平。在 150 d 贮藏期内, 可滴定酸含量整体上随贮藏时间的延长逐渐下降, 咪鲜胺处理的可滴定酸含量下降速度较 CK 快, 因此, 咪鲜胺处理的固酸比高于 CK。固酸比随贮藏时间的延长而提高, 风味物质含量也逐渐提升。在贮藏期间, 咪鲜胺处理与 CK 的维生素 C 含量无显著差异, 到贮藏 150 d 时, 2021 年的维生素 C 含量约 20.90 mg/100 g, 2022 年约 14.50 mg/100 g。在果实耐贮性方面, 2022 年咪鲜胺处理的失重率略低于 CK, 而 2021 年显著低于 CK; 2021 年咪鲜胺处理的果皮电导率显著高于 CK。通过聚类分析, 将 2 a 的 7 个指标聚为 2 类, 第一类为 0、15、30、45、60、90 d 的 CK 和 0、15、30、45、60、90 d 的咪鲜胺处理; 第二类为 120、150 d 的 CK 和 90、120、150 d 的咪鲜胺处理。综上, 咪鲜胺处理能有效降低沃柑腐烂率的发生, 并能提高早采果的果实风味, 同时也能维持果实较好的可溶性固形物、维生素 C 含量等。综合各项指标和聚类分析结果认为, 沃柑可进行提早采收, 经咪鲜胺等保鲜剂处理后, 可在室温条件下贮藏 60 d 或 60 d 后进行低温冷藏, 或室温贮藏 90 d 后出库上市。

关键词: 沃柑; 咪鲜胺; 早采果; 贮藏品质; 聚类分析

中图分类号: S666 文献标识码: A

Cluster Analysis of Prochloraz on the Storage Quality of Early-picked Orah

LI Hongxiang¹, CHEN Li¹, OUYANG Yan², LI Jianren¹, CHEN Weifeng³, HU Jianqin⁴, WANG Chunfa^{1*}, LIU Dongyang⁵

1. Hengyang Academy of Agricultural Sciences / Hengyang Branch, Hunan Academy of Agricultural Sciences, Hengyang, Hunan 421101, China; 2. Hengyang Agriculture and Rural Affairs Bureau, Hengyang, Hunan 421001, China; 3. Hunan Horticultural Research Institute, Hunan Academy of Agricultural Sciences, Changsha, Hunan 410125, China; 4. Jiangxi Fuzhou Institute of Agricultural Sciences, Fuzhou, Jiangxi 344100, China; 5. Hunan Longfeng Agricultural Development Co., Ltd., Hengyang, Hunan 421303, China

Abstract: In order to explore a method to protect Orah from frost damage, Orah harvested early from 2021—2022 were used as the materials, and prochloraz+ambient temperature storage and CK + ambient temperature storage were used to determine the sugar, acid, vitamin C and other quality indicators, as well as the weight loss, decay, electrical conductivity and other storage resistance indicators during the storage period. SPSS analysis software was used to cluster seven

收稿日期 2022-10-20; 修回日期 2022-11-28

基金项目 湖南省现代农业产业技术水果产业体系岗位经费项目 (湘农发[2019]105 号); 衡阳市农业科学院自主创新项目 (No. 2022ZZ12)。

作者简介 李宏祥 (1992—), 男, 硕士, 助理研究员, 研究方向: 果树引种选育与栽培及果实采后贮藏与保鲜。*通信作者 (Corresponding author): 王春发 (WANG Chunfa), E-mail: 1393040271@qq.com。

indicators in two years. The results showed that prochloraz could effectively inhibit the growth of the rot pathogen of citrus during storage, and prolong the occurrence time of fruit rot; At the same time, it could maintain the content of soluble solids in fruits to the level before harvest. During the 150 d storage period, the titratable acid content of the two treatments decreased gradually with the extension of storage time. The titratable acid content in prochloraz treatment group decreased faster than that in CK. Therefore, the solid acid ratio of prochloraz treatment group was higher than that of CK. As the solid acid ratio increased with the increase of storage time, the flavor quality of the two treatments also gradually improved. During the storage period, there was no significant difference in vitamin C content between the two; At 150 days of storage, it could still be maintained at about 20.90 mg/100 g (2021) and 14.50 mg/100 g (2022). In terms of fruit storage resistance, the weight loss rate of prochloraz treatment group was slightly lower than that of the CK in 2022 (prochloraz was significantly lower than that of the CK in 2021); On the contrary, the peel conductivity of prochloraz treatment group was higher than that of the CK in 2022 (in 2021, prochloraz treatment was significantly higher than that of the CK). The seven indexes of the two treatments in two years were clustered into two categories by the cluster analysis. The first category were CK of 0, 15, 30, 45, 60, 90 d and prochloraz treatments of 0, 15, 30, 45, 60 d; The second category were CK of 120, 150 d and prochloraz treatments of 90, 120, 150 d. To sum up, prochloraz can effectively reduce the occurrence of rot rate of Orah, improve the fruit flavor of early fruit picking, and maintain good total soluble solids and vitamin C content of fruits. According to the comprehensive indicators and cluster analysis results, the orah can be harvested early, treated with prochloraz and other preservatives, and stored at ambient temperature for 60 days or 60 days before being refrigerated, or stored at ambient temperature for 90 days before being released from the market.

Keywords: Orah; prochloraz; early fruit picking; storage quality; cluster analysis

DOI: 10.3969/j.issn.1000-2561.2024.02.020

沃柑 (Orah) 是中国农业科学院柑橘研究所引进的高糖优良晚熟柑橘品种^[1]。因其良好的风味品质和市场价格, 在全国多地被引种试种^[2-5]。截至目前, 全国沃柑种植面积超过 13.33 万 hm^2 , 并且还在持续增长。近年来, 受全球气候变化的影响, 全国多地柑橘受冻害的报道日益增多。2020 年 12 月底至 2021 年 1 月和 2021 年 12 月底至 2022 年 1 月, 南方多地出现持续低温和降雪天气, 造成包括沃柑、脐橙和温州蜜桔在内的早-中-晚熟柑橘树体或晚熟柑橘果实冻害, 严重影响翌年的产量, 造成数亿元的经济损失^[6-10]。柑橘属于非呼吸跃变型水果, 果实采后相关生理代谢活动受成熟度的影响^[11]。早采或晚采均不利于果实品质的维持^[12-14]。在无异常的自然气候条件下, 奚昕琰等^[15]研究发现, 爱媛 28 柑橘在浙江象山的最适采收期为 11 月下旬。但由于各地自然因素的差异, 杨蕾等^[16]认为爱媛 28 柑橘在 10 月中旬采收加上通风冷藏处理, 能够保障果实品质, 同时也降低阴雨天造成的烂果影响。沃柑 11 月上旬开始转色, 12 月中旬转色率达 90% 以上, 可溶性固形物含量约 12%, 可滴定酸含量约 0.8%^[1]。与 2 月底采收相比, 2 月中旬以前采收的沃柑有机酸含量较高^[17]。前人研究发现, 柑橘有机酸在采后作为底物参与三羧酸循环而被消耗^[18]。因此, 对沃柑进行提早采收, 降酸处理, 可实现果实风味的提

高, 同时降低自然风险。

在采后贮藏中, 柑橘易受青/绿霉病、酸腐病、蒂腐病、炭疽病和黑腐病的影响, 引起果实腐败, 产生异味^[19]。每年因腐烂和机械损伤 (30%) 造成的损失达上亿元^[20]。由于采后贮藏时间长, 果实抗性会逐渐下降, 进而导致腐烂率逐渐上升。物理、化学等保鲜措施是生产上最常见的延缓果实衰老和腐烂的保鲜方法。李果果等^[21]用 2,4-D+咪鲜胺、壳聚糖结合低温处理贮藏沃柑, 结果发现, 2,4-D+咪鲜胺处理在贮藏 60 d 内的保鲜效果最好。除用化学药剂作为保鲜剂外, 陈晓彤等^[22]还用热水、臭氧进行沃柑保鲜处理, 结果发现, 热水协同臭氧处理的保鲜效果最好。温中军等^[23]用新型保鲜剂茶树油开展沃柑的保鲜效果研究, 研究认为, 茶树油不仅能减少沃柑在低温贮藏期的腐烂和冷害, 而且还能提高沃柑在贮藏期的总糖、维生素 C 含量。咪鲜胺是生产上最常用的柑橘保鲜剂, 谢莉等^[24]用咪鲜胺、抑霉唑不同浓度处理柑橘, 结果发现, 咪鲜胺、抑霉唑各浓度处理的柑橘全果在整个贮藏期内 (120 d) 的农药残留含量均低于国家标准, 可随时出库上市。与该结论相同的还有苹果^[25]、香蕉^[26]、梨^[27]、番石榴^[28]等相关研究。

聚类分析是将物理或抽象对象的集合分组为类似的对象组成多个类的分析方法, 其结果具有

综合性、客观性和科学性,目前已应用于水稻、花卉、水果、蔬菜等农业研究领域,是当前应用最多的品质评价方法^[29-34]。南方地区冬季易受连续低温、降雪天气的影响,晚熟沃柑遭遇冻害时有发生。适当提早采收可有效避免冻害对沃柑造成的经济损失,而目前尚无关于沃柑提早采收的相关研究。因此,本研究通过分析咪鲜胺处理后沃柑早采果在贮藏期糖、酸、维生素C含量等品质指标,以及失重、腐烂等耐贮性指标的变化,提出沃柑早采果的最佳贮藏时间和出库时间,为沃柑提早采收提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试沃柑采自湖南省衡阳市龙凤农业开发股份有限公司基地,采样树为6a树龄,砧木为枳壳。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 沃柑分别于2021年1月1日和2021年12月30日采摘,并及时运回衡阳市农业科学院实验室进行处理。参考文献[24]确定利用25%咪鲜胺乳油(江苏辉丰生物农业股份有限公司)500倍液(0.5 mg/mL)的浓度开展保鲜试验。挑选无病虫害、大小基本一致的200个柑橘果实浸泡于咪鲜胺溶液中,浸果1 min,以清水浸泡作对照(CK)。浸泡后的果实置于实验台晾干,晾干后的果实用柑橘专用保鲜袋单果包装,并于室温贮藏150 d。贮藏期间,前60 d每15 d取样测定1次,后60 d后每30 d取样测定1次。每次随机选取15个果实进行测定,重复3次。

1.2.2 测定指标及方法 采用手持折光仪测定可溶性固形物含量(SSC)。采用氢氧化钠滴定法测

定可滴定酸含量(TA)^[35]。采用2,6-二氯酚靛酚法测定维生素C含量^[36]。通过公式计算固酸比,固酸比=SSC/TA。采用电导率仪测定果皮电导率^[35]。采用称量法测定果实失重率^[37]。采用计数统计法记录果实腐烂率^[37]。

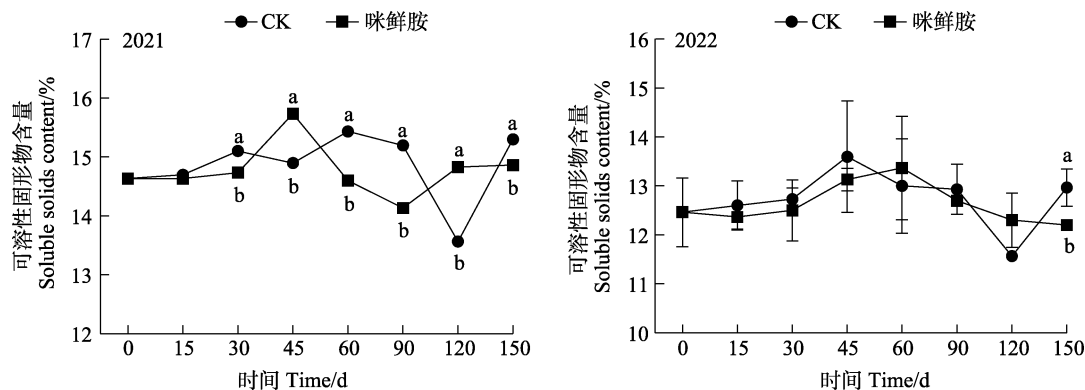
1.3 数据处理

采用Excel 2010软件对试验数据进行统计,采用SPSS 20.0软件对数据进行标准化处理、显著性方差分析和聚类分析,采用Graphpad Prism 5.0软件制图。

2 结果与分析

2.1 咪鲜胺对沃柑早采果贮藏期糖酸品质的影响

2.1.1 可溶性固形物含量 如图1所示,在室温贮藏期间,CK和咪鲜胺处理的沃柑可溶性固形物含量均呈升-降-升的变化趋势。2021年的咪鲜胺处理组在贮藏期的前45 d可溶性固形物含量逐渐上升,于第45天达到峰值(15.73%),之后则迅速下降,至第90天降至最低值(14.13%),90~150 d又缓慢上升并维持在14.87%左右;CK的变化趋势与咪鲜胺处理的类似,在贮藏期的前60 d可溶性固形物含量缓慢上升,于第60天达峰值(15.43%),而在第60~120天开始下降,到第120天迅速降至最低值(13.57%),150 d时又上升到15.30%;贮藏第45天和第120天咪鲜胺处理的可溶性固形物含量显著高于CK,其余贮藏时间均显著低于CK。2022年的咪鲜胺处理和CK在贮藏期的前60 d内,可溶性固形物含量均呈缓慢上升的趋势,之后开始下降,到贮藏结束时又上升或维持在贮藏前(0 d)的水平。除贮藏末期,CK显著高于咪



不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。
Different lowercase letters indicate significant difference ($P < 0.05$).

图1 咪鲜胺对沃柑早采果可溶性固形物含量的影响

Fig. 1 Effect of prochloraz on soluble solids content of early-picked Orah

鲜胺处理组外,其他贮藏时间二者无显著差异,但在贮藏期的前 45 d,CK 的可溶性固形物含量略高于咪鲜胺处理。

2.1.2 可滴定酸含量 如图 2 所示,在室温贮藏期间,CK 和咪鲜胺处理的可滴定酸含量均表现为降-升-降的变化趋势。2021 年,CK 和咪鲜胺处理在贮藏第 15 天,可滴定酸含量分别比贮藏前(0 d)下降 12.70%和 15.34%;在第 30 天,可滴定酸含量均略有上升;在 30~120 d 均下降,其中在 90~120 d 下降速度最快,CK 和咪鲜胺处理的可滴定酸含量分别下降 42.18%和 31.2%,至第 150 天,较贮藏前(0 d)分别下降了 56.98%和 55.81%。2022 年,在贮藏第 15 天,CK 和咪鲜胺处理的可滴定酸含量明显下降,在贮藏第 30 天,咪鲜胺处理的可滴定酸含量上升,而 CK 则持续下降;在贮藏第 45~90 天,咪鲜胺处理的可滴定酸含量下降速度显著快于 CK 组,在第 90~120 天二者快速下降,下降幅度分别为 35.96% (CK) 和 12.50%

(咪鲜胺),至第 150 天二者较贮藏前(0 d)分别下降 56.63%和 61.04%。

2.1.3 固酸比 固酸比是评价果实风味的重要指标。如图 3 所示,2021—2022 年 CK 和咪鲜胺处理的固酸比随贮藏时间的延长而逐渐上升。2021 年,在贮藏期的前 90 d,CK 和咪鲜胺处理的固酸比变化幅度较缓慢,至第 90 天时分别比贮藏前(0 d)上升 33.55%和 46.03%,贮藏至第 120 天,二者固酸比快速上升,分别较第 90 天上升 54.36%和 52.55%,分别比贮藏前(0 d)上升 106.14%和 122.77%,贮藏至第 150 天时,CK 固酸比稍大于咪鲜胺处理,其中,咪鲜胺处理的在贮藏第 45、90、120 天显著高于 CK。2022 年的咪鲜胺处理在贮藏期间固酸比均高于 CK,且在贮藏第 45、90 天显著高于 CK,贮藏至 150 d 时,二者的固酸比分别比贮藏前(0 d)上升 139.67% (CK) 和 151.74% (咪鲜胺)。

2.1.4 维生素 C 含量 如图 4 所示,2021—2022

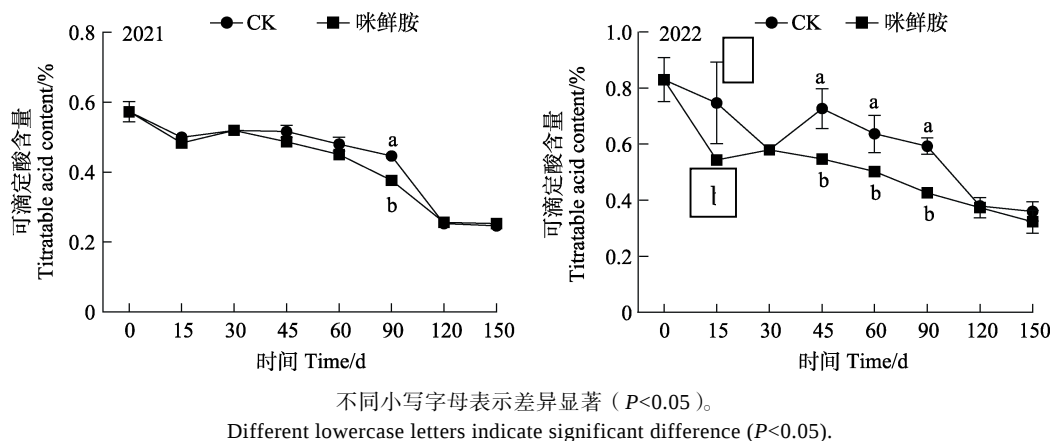


图 2 咪鲜胺对沃柑早采果可滴定酸含量的影响

Fig. 2 Effect of prochloraz on titratable acid content of early-picked Orah

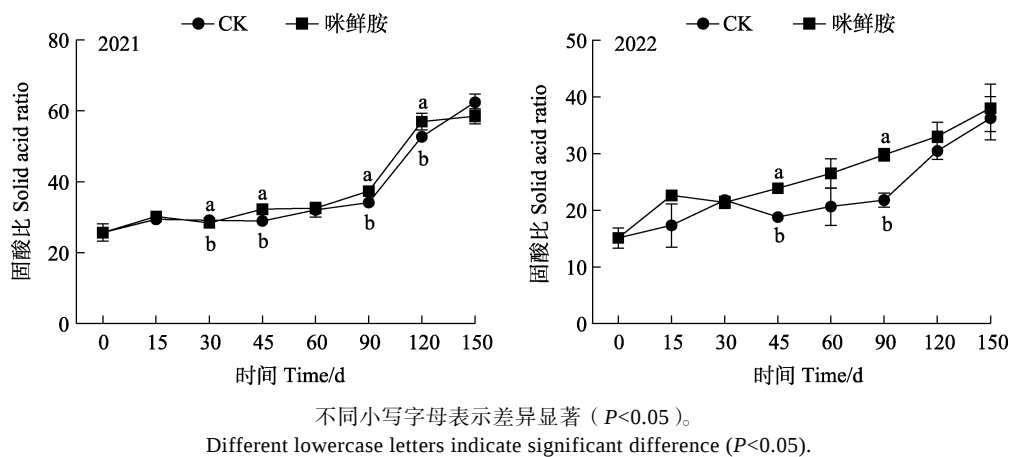
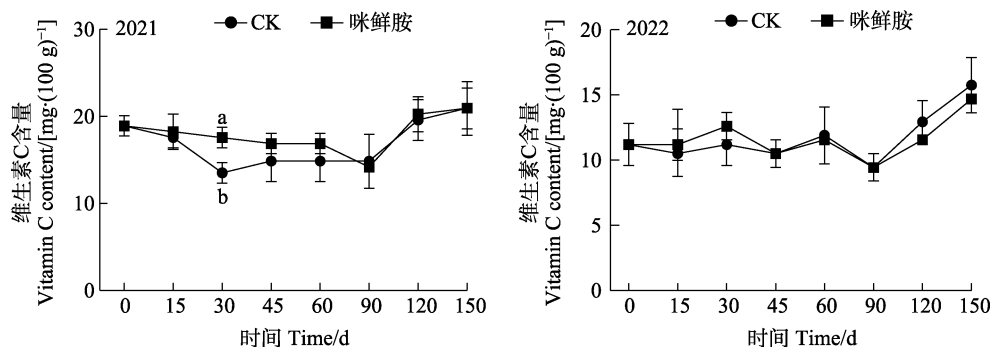


图 3 咪鲜胺对沃柑早采果固酸比的影响

Fig. 3 Effect of prochloraz on solid acid ratio of early-picked Orah



不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Different lowercase letters indicate significant difference ($P < 0.05$).

图 4 咪鲜胺对沃柑早采果维生素 C 含量的影响

Fig. 4 Effect of prochloraz on vitamin C content of early-picked Orah

年在贮藏期的前 90 d, CK 和咪鲜胺处理的维生素 C 含量总体呈下降趋势,略有波动;在贮藏 90 d 后逐渐上升。2021 年,第 30 天时 CK 的维生素 C 含量显著下降,此时咪鲜胺处理的维生素 C 含量显著高于 CK,其余贮藏期二者均无显著差异;贮藏至第 90 天,CK 和咪鲜胺处理的维生素 C 含量分别比贮藏前(0 d)下降 4.05 mg/100 g 和 4.73 mg/100 g,第 150 天时二者的维生素 C 含量分别比贮藏前(0 d)上升 2.02 mg/100g、2.02 mg/100 g。2022 年,贮藏期 CK 和咪鲜胺处理的维生素 C 含量的变化趋势基本一致,前 90 d,维生素 C 含量呈一定波动,到第 90 天含量最低,随后呈快速上升趋势,到第 150 天,维生素 C 含量分别比贮藏前(0 d)上升 4.55 mg/100 g 和 3.50 mg/100 g。

2.2 咪鲜胺对沃柑早采果耐贮性的影响

2.2.1 腐烂率 如图 5 所示,随着贮藏时间的延长,腐烂率持续上升。2021 年,贮藏第 15 天时 CK 出现腐烂,腐烂率为 6.67%,而咪鲜胺处理则到第 30 天才出现腐烂;贮藏 45~90 d 内,CK 和咪鲜胺处理的腐烂率维持较稳定的变化趋势,分

别为 20%和 10%;与贮藏第 90 天相比,贮藏至第 120 天 CK 和咪鲜胺处理的腐烂率分别上升 6.67%和 3.33%;到第 150 天,腐烂率分别为 26.67%和 16.67%。2022 年,CK 果实在贮藏第 30 天出现腐烂,而咪鲜胺处理在贮藏第 90 天出现腐烂,比 CK 晚 60 d;贮藏结束时,CK 的腐烂率为 6.67%,咪鲜胺处理的为 3.33%。2 a 试验结果显示,咪鲜胺能有效抑制沃柑贮藏期病害的发生,并推迟贮藏病害发生的时间。

2.2.2 失重率 由于离体果实仍然进行着呼吸作用,因此在采后贮藏过程中果实质量伴随着呼吸作用而下降。如图 6 所示,随着贮藏时间的延长,沃柑早采果失重率逐渐增加。2021 年咪鲜胺处理和 CK 在贮藏期的前 60 d 失重率缓慢上升;贮藏至第 90 天时失重加快,CK 和咪鲜胺处理的失重率分别为 8.70%和 7.34%;在整个贮藏期,咪鲜胺处理的失重率均显著低于 CK。2022 年失重率的变化趋势与 2021 年类似,但仅在第 15 天时 CK 和咪鲜胺处理的失重率存在显著差异。

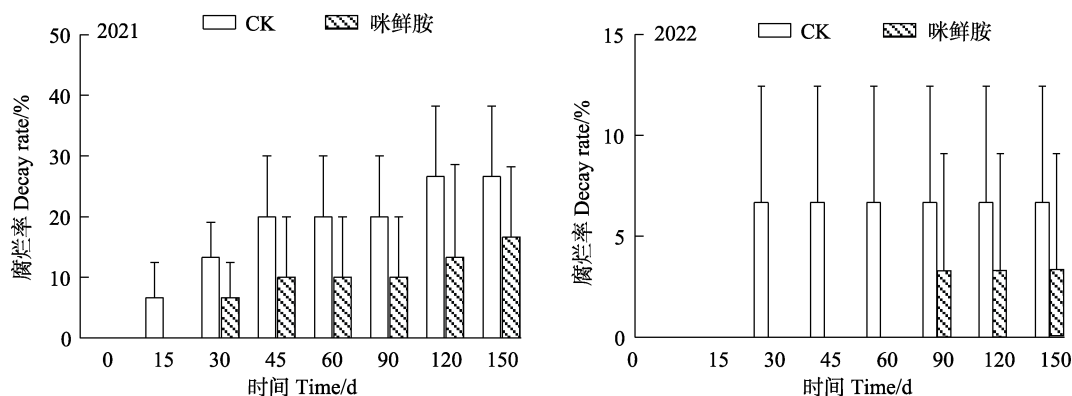
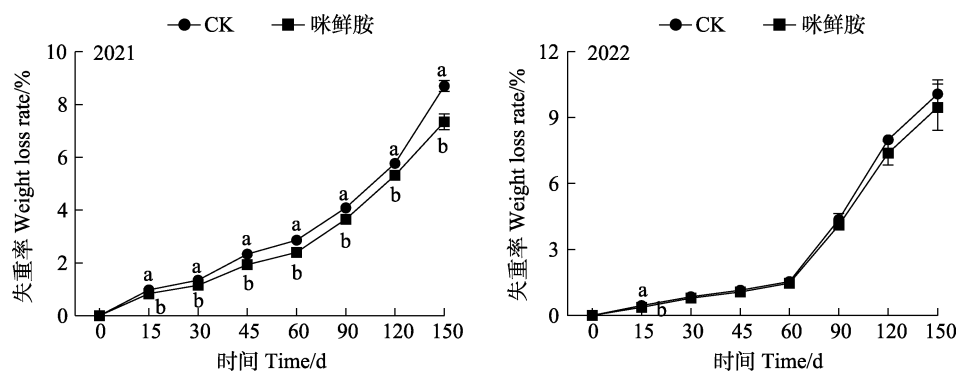


图 5 咪鲜胺对沃柑早采果腐烂率的影响

Fig. 5 Effect of prochloraz on the decay rate of early-picked Orah



不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

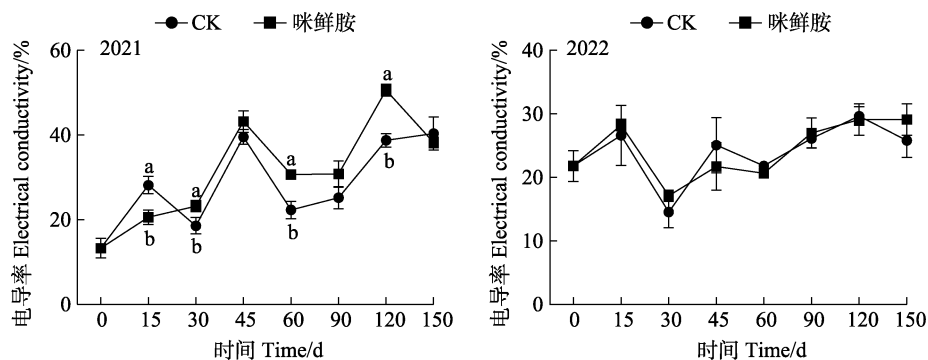
Different lowercase letters indicate significant difference ($P < 0.05$).

图 6 咪鲜胺对沃柑早采果失重率的影响

Fig. 6 Effect of prochloraz on the weight loss rate of early-picked Orah

2.2.3 果皮电导率 如图 7 所示,随着贮藏时间的延长,果皮电导率呈一定波动,总体呈上升趋势。2021 年,贮藏期的前 15 d CK 的果皮电导率显著高于咪鲜胺处理;而在贮藏第 30、60、120 天均显著低于咪鲜胺处理,CK 和咪鲜胺处理的电导率均有 2 次峰值,CK 的峰值分别在贮藏第 15

天和第 45 天,咪鲜胺处理的峰值分别出现在第 45 天和第 120 天。2022 年,CK 和咪鲜胺处理的电导率出现 3 次峰值,分别在贮藏第 15 天、第 45 天和第 120 天,二者均无显著差异。综合 2 a 试验结果可知,在室温咪鲜胺处理的沃柑早采果在贮藏第 15、45、120 天果皮电导率均明显上升。



不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Different lowercase letters indicate significant difference ($P < 0.05$).

图 7 咪鲜胺对沃柑早采果果皮电导率的影响

Fig. 7 Effect of prochloraz on the electrical conductivity of the peel of early-picked Orah

2.3 咪鲜胺对沃柑早采果贮藏期品质的聚类分析

系统聚类分析是以统计量为依据,将受试样本相似性最大聚为一类的统计方法,其结果具有综合性、客观性和科学性^[29]。为了对沃柑早采果贮藏品质进行科学评价,本研究将咪鲜胺处理和 CK 的早采果各贮藏期的糖、酸等内在品质指标和耐贮性指标进行标准化处理,然后再利用 SPSS 软件进行聚类分析。当欧氏距离为 15 时,将 2021 年贮藏品质相近的处理聚为 2 类,第 1 类为 0、15、30、45、60、90 d 的 CK 和咪鲜胺处理;第 2 类为 120、150 d 的 CK 和咪鲜胺处理。当欧氏

距离为 15 时,将 2022 年贮藏品质相近的处理也聚为 2 类,第 1 类为 0、15、30、45、60、90 d 的 CK 和 0、15、30、45、60 d 的咪鲜胺处理;第 2 类为 120、150 d 的 CK 和 90、120、150 d 的咪鲜胺处理(图 8)。

3 讨论

本研究中,沃柑早采果可溶性固形物含量在贮藏期的前 45 d 或 60 d 略有波动上升趋势,之后开始下降,到贮藏 150 d 时,CK 和咪鲜胺处理的可溶性固形物含量均能维持在采前水平;果实可滴定酸含量在贮藏过程中整体呈下降趋势,

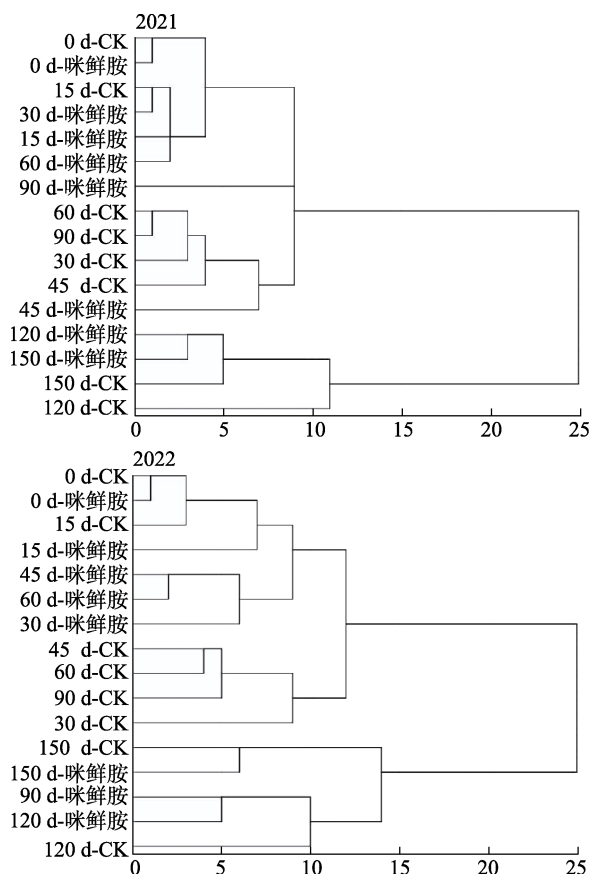


图8 咪鲜胺对沃柑早采果贮藏品质的Q型聚类分析
Fig. 8 Q-type clustering analysis of prochloraz on the storage quality of early-picked Orah in 2022

这可能是沃柑采后加快了果实的呼吸作用,果肉中贮存的多糖经呼吸代谢转化成可溶性糖,使沃柑采后的可溶性固形物含量升高;之后贮藏过程中果实中的可溶性糖合成少于降解,使贮藏后期的可溶性固形物含量下降。这与李果果等^[21]、陈晓彤等^[22]、吴宝玉等^[13]的研究结论相似。由于果实离体后仍是一个有机体,在贮藏过程中仍需进行呼吸作用,而有机酸是呼吸作用的底物。因此,柑橘果实在采后贮藏过程中可滴定酸含量减少。这与陈晓彤等^[22]、李果果等^[21]、杨岚琪等^[38]的研究结论一致。随着可滴定酸含量的下降,沃柑早采果固酸比逐渐上升,风味变得越来越好。咪鲜胺处理和CK的维生素C含量在贮藏期的前90 d呈一定波动,但总体呈下降趋势,之后呈一定上升趋势。李果果等^[21]研究发现,2,4-D+咪鲜胺、壳聚糖和CK的沃柑维生素C含量在贮藏期的前15 d逐渐上升,15~60 d逐渐下降,整体呈单峰变化。本研究结果与之相似。但在本研究中,沃柑维生素C含量在贮藏90 d后仍继续上升,其原因尚不明确,还需进一步研究。

咪鲜胺杀菌剂能有效抑制沃柑采后病害的发生,并延迟15 d以上出现腐烂。何建等^[39]用咪鲜胺、抑霉唑、碳酸氢钠、食盐、酒精等保鲜剂对塔罗科血橙进行保鲜研究,结果发现,抑霉唑、咪鲜胺处理的保鲜效果最好,血橙烂果率分别降至5.3%和11.6%。刘浩强等^[40]用不同浓度抑霉唑和咪鲜胺处理锦橙,其结果也证明咪鲜胺和抑霉唑对锦橙有很好的保鲜效果。王海宏等^[41]的研究结果也相似。随着贮藏时间的延长,沃柑失重率逐渐上升。2021年CK的失重率大于咪鲜胺处理,2022年二者无显著差异;但沃柑在贮藏期的前60 d失重率控制在3%以下,而60 d后失重率快速上升;贮藏90 d时,失重率在5%左右;贮藏150 d时,失重率分别达9%和12%。这可能是贮藏期的前60 d,南方室温相对较低,果实呼吸作用较慢,而贮藏60 d后,随着春季气温的逐渐上升,室温也逐渐上升,引起沃柑呼吸作用增强,导致果实水分快速消耗。这与林上等^[42]在伏令夏橙上的研究结果相似。沃柑耐贮性受果皮的影响,随着贮藏时间的延长,果皮抗逆物质逐渐积累,电离子浓度也随之增加,导致果实耐贮性变差。本研究发现,咪鲜胺处理的电导率高于CK。这可能是咪鲜胺本身就是盐离子,贮藏中果皮依旧携带部分残留,因此造成电导率高于CK。

聚类分析发现,当欧氏距离为15时,将咪鲜胺处理0~60 d和CK贮藏0~90 d的品质聚为第1类,而将咪鲜胺贮藏90~150 d和CK贮藏120~150 d的品质聚为第2类。说明沃柑早采果在室温贮藏条件下,90 d是果实品质和耐贮性的分界期。90 d前果实可溶性固形物、可滴定酸含量和固酸比相对较高,果实腐烂率、失重率、电导率相对较低,风味品质和水分较足;90 d后可滴定酸含量持续降低,可溶性固形物含量维持在采前水平,而固酸比较第90天升高,风味更甜;但随着失重率的增加,果皮和果肉均出现失水现象,不利于室温贮藏。聚类分析结果与实际口感一致,进一步说明聚类分析结果对沃柑早采果贮藏品质的评价具有一定的合理性。

4 结论

本研究比较了2021—2022年沃柑早采果室温贮藏果实的内在品质和耐贮性的变化,采用聚类分析方法对沃柑贮藏150 d内的7个指标进行分析比较。结果显示,沃柑可进行提早采收,采

收后可进行室温贮藏。为了减少果实腐烂损失,建议采用咪鲜胺等保鲜剂处理。值得注意的是,沃柑室温贮藏 90 d 后果实失水较重,囊瓣不易剥离。因此,综合聚类分析结果,建议沃柑早采果室温贮藏 60 d 后进行低温冷藏,或室温贮藏 90 d 后出库上市。

参考文献

- [1] 江东, 曹立. 晚熟高糖杂柑品种“沃柑”在重庆的引种表现[J]. 中国南方果树, 2011, 40(5): 33-34.
JIANG D, CAO L. Introduction of late-ripening and high-sugar citrus variety Orah in Chongqing[J]. South China Fruits, 2011, 40(5): 33-34. (in Chinese)
- [2] 卢志红, 杨毅, 李宏华, 杨士成. 沃柑在海南儋州的引种表现及生产建议[J]. 中国南方果树, 2022, 51(3): 179-181.
LU Z H, YANG Y, LI H H, YANG S C. Introduction and production suggestions of Orah in Danzhou city, Hainan province[J]. South China Fruits, 2022, 51(3): 179-181. (in Chinese)
- [3] 马镭, 赖旭辉, 晏承泉, 胡锐清, 罗诗. 晚熟优质杂柑品种“沃柑”在东莞的引种表现[J]. 中国南方果树, 2018, 47(4): 140-141.
MA K, LAI X H, YAN C Q, HU R Q, LUO S. Introduction of late-ripening and high-quality mixed citrus variety Orah in Dongguan[J]. South China Fruits, 2018, 47(4): 140-141. (in Chinese)
- [4] 谭善飞, 何文东, 伍兴甲, 何源委. 沃柑在江永县的种植表现及关键栽培技术[J]. 中国南方果树, 2018, 47(4): 135-139.
TAN S F, HE W D, WU X J, HE Y W. Planting performance and key cultivation techniques of Orah in Jiangyong city[J]. South China Fruits, 2018, 47(4): 135-139. (in Chinese)
- [5] 吴雪珍, 王登亮, 刘春荣, 郑雪良, 陈骏, 闫彦涛. 晚熟优质杂柑品种“沃柑”在衢州的引种试验[J]. 农业科技通讯, 2017(12): 154-156.
WU X Z, WANG D L, LIU C R, ZHENG X L, CHEN J, YAN Y T. Introduction experiment of late maturing and high quality citrus ‘Orah’ in Quzhou[J]. Agricultural Science and Technology Communications, 2017(12): 154-156. (in Chinese)
- [6] 经桂平. 全州县沃柑冻害预防及后期管护关键技术[J]. 农业技术与装备, 2022(5): 106-108.
JING G P. Key techniques for prevention of freezing injury and later management and protection of Orah mandarin in Quanzhou county[J]. Agricultural Technology and Equipment, 2022(5): 106-108. (in Chinese)
- [7] 陈格, 李萍, 蒋娜. 全州沃柑冻害情况及预防对策[J]. 浙江柑橘, 2021, 38(4): 35-37.
CHEN G, LI P, JIANG N. The situation and preventive measures of freezing injury of citrus in Quanzhou county[J]. Zhejiang Citrus, 2021, 38(4): 35-37. (in Chinese)
- [8] 孙洪波, 孙小成, 欧阳国春, 王恒, 王松柏, 谢宜芝. 柑橘冻害的预防及受冻柑橘的护理技术[J]. 南方农业, 2021, 15(17): 40-41, 46.
SUN H B, SUN X C, OUYANG G C, WANG H, WANG S B, XIE Y Z. Prevention of freezing injury of citrus and nursing technology of frozen citrus[J]. South China Agriculture, 2021, 15(17): 40-41, 46. (in Chinese)
- [9] 任节红, 陈彩霞, 崔玉, 杨艳. 2021 年崇明柑橘冻害调查及防冻技术措施[J]. 上海农业科技, 2021(5): 73-74.
REN J H, CHEN C X, CUI Y, YANG Y. Investigation on freezing injury of citrus and antifreeze technical measures in Chongming city in 2021[J]. Shanghai Agricultural Science and Technology, 2021(5): 73-74. (in Chinese)
- [10] 庄道旺. 顺昌县柑橘冻害发生规律及其防御措施[J]. 东南园艺, 2021, 9(2): 34-38.
ZHUANG D W. Occurrence laws and defense measures of freeze injury of citrus in Shunchang county[J]. Southeast Horticulture, 2021, 9(2): 34-38. (in Chinese)
- [11] GUERRA M, SANZ M A, CASQUERO P A. Influence of harvest dates on quality, storage capacity and sensory attributes of European plum cv. Green Gage[J]. Food Science and Technology International, 2009, 15(6): 527-534.
- [12] SUN Y D, SINGH Z, TOKALA V Y, HEATHER B. Harvest maturity stage and cold storage period influence lemon fruit quality[J]. Scientia Horticulturae, 2019, 249: 322-328.
- [13] 吴宝玉, 徐建国, 郑小艳, 王英珍. 采收期对瓯柑果实贮藏品质的影响[J]. 中国南方果树, 2021, 50(5): 42-45, 49.
WU B Y, XU J G, ZHENG X Y, WANG Y Z. Effect of harvesting time on storage quality of Ougan fruit[J]. South China Fruits, 2021, 50(5): 42-45, 49. (in Chinese)
- [14] 张群, 李绮丽, 李绍华, 葛可达, 张维. 采收期对“金艳”猕猴桃果实品质和耐贮性的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2020, 11(12): 3913-3918.
ZHANG Q, LI Q L, LI S H, GE K D, ZHANG W. Effects on fruit quality and storability of “Jinyan” kiwifruit under different harvest time[J]. Journal of Food Safety and Quality, 2020, 11(12): 3913-3918. (in Chinese)
- [15] 奚昕琰, 杨淑娜, 王颖, 王莉, 殷益明, 贾惠娟. 采收期和贮藏时间对红美人杂柑果实品质的影响[J]. 浙江农业科学, 2021, 62(3): 538-540.
XI X Y, YANG S N, WANG Y, WANG L, YIN Y M, JIA H J. Effects of harvest time and storage time on fruit quality of Hongmeiren citrus[J]. Zhejiang Agricultural Science, 2021, 62(3): 538-540. (in Chinese)

- [16] 杨蕾, 洪林, 杨海健, 王武, 汪卉. 不同采收期及贮藏方式对杂柑爱媛28果实品质的影响[J]. 南方农业学报, 2022, 53(4): 1088-1101.
YANG L, HONG L, YANG H J, WANG W, WANG H. Effects of different harvesting period and storage methods on Aiyuan 28 citrus fruit quality[J]. Journal of Southern Agriculture, 2022, 53(4): 1088-1101. (in Chinese)
- [17] 莫健生, 唐志评, 贺申魁, 傅翠娜, 梅正敏, 区善汉, 肖远辉, 雷新南, 王明召, 牛英, 梁瑞郑, 徐玉君. 广西桂林沃柑不同采摘期果实品质比较[J]. 中国南方果树, 2022, 51(4): 11-13.
MO J S, TANG Z P, HE S K, FU C N, MEI Z M, OU S H, XIAO Y H, LEI X N, WANG M Z, NIU Y, LIANG R Z, XU Y J. Comparison of fruit quality of Orah harvested at different time in Guilin[J]. South China Fruits, 2022, 51(4): 11-13. (in Chinese)
- [18] 陈婷, 王日葵, 陆智明. 柑橘果实采后风味劣变机理的研究进展[J]. 农产品加工(学刊), 2010(2): 56-59, 64.
CHEN T, WANG R K, LU Z M. The review of flavor deterioration mechanism of citrus during postharvest period[J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2010(2): 56-59, 64. (in Chinese)
- [19] 陈江华, 崔雪婧, 程家森, 林杨, 谢甲涛, 付艳苹. 我国主要产区柑橘采后病害发生动态[J]. 华中农业大学学报, 2019, 38(6): 92-97.
CHEN J H, CUI X J, CHENG J S, LIN Y, XIE J T, FU Y P. Incidence dynamics of postharvest diseases of citrus in main producing areas of China[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2019, 38(6): 92-97. (in Chinese)
- [20] 田世平, 罗云波, 王贵禧. 园艺产品采后生物学基础[M]. 北京: 科学出版社, 2011.
TIAN S P, LUO Y B, WANG G X. Postharvest biological basis of horticultural products[M]. Beijing: Science Press, 2011. (in Chinese)
- [21] 李果果, 欧智涛, 陈东奎, 梁春, 梁增, 刘要鑫, 赵洪涛, 陈香玲. 沃柑低温环境贮藏的品质变化分析[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(17): 219-221.
LI G G, OU Z T, CHEN D K, LIANG C, LIANG Z, LIU Y X, ZHAO H T, CHEN X L. Analysis on the quality change of Orah stored in low temperature environment[J]. Jiangsu Agricultural Science, 2019, 47(17): 219-221. (in Chinese)
- [22] 陈晓彤, 潘艳芳, 郑桂霞, 杜美军, 叶先明, 李喜宏. 热处理协同臭氧对沃柑贮藏品质调控研究[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(12): 21-25.
CHEN X T, PAN Y F, ZHENG G X, DU M J, YE X M, LI X H. Study on the control of storage quality of Orah by heat treatment co-ozone[J]. Food Research and Development, 2020, 41(12): 21-25. (in Chinese)
- [23] 温中军, 宋宏林, 钟愧, 徐新慧, 杨俊. 新型茶树油提升沃柑果实低温贮藏效果[J]. 农产品加工, 2021(8): 1-4, 7.
WEN Z J, SONG H L, ZHONG K, XU X H, YANG J. New tea tree oil enhances the low temperature storage effect of Orah mandarin fruit[J]. Farm Products Processing, 2021(8): 1-4, 7. (in Chinese)
- [24] 谢莉, 罗焘, 许让伟, 程运江. 柑橘果实贮藏期咪鲜胺和抑霉唑残留量的动态变化[J]. 华中农业大学学报, 2016, 35(1): 17-23.
XIE L, LUO T, XU R W, CHENG Y J. Dynamic analyses of prochloraz and imazalil residues in citrus during fruit storage[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2016, 35(1): 17-23. (in Chinese)
- [25] 姚庚酉. 咪鲜胺及其代谢物在水果贮藏过程中的残留动态及风险评估[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2015.
YAO G Y. Residue and risk assessment of prochloraz and its metabolite during fruit storage process[D]. Hefei: Anhui Agricultural University, 2015. (in Chinese)
- [26] 郑雪虹, 谢德芳, 吕岱竹, 冯信平, 潘永波. 咪鲜胺在香蕉防腐保鲜储藏中的残留降解动态分析[J]. 热带作物学报, 2012, 33(12): 2273-2278.
ZHENG X H, XIE D F, LYU D Z, FENG X P, PAN Y B. Residue degradation dynamic analysis of prochloraz in banana preservative storage[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2012, 33(12): 2273-2278. (in Chinese)
- [27] 李天秀, 王跃进, 刘波, 高希武. 咪鲜胺在鸭梨果体上的残留分析与降解动态研究[J]. 华南农业大学学报, 2010, 31(2): 36-39.
LI T X, WANG Y J, LIU B, GAO X W. Residual detection and degradation dynamics of prochloraz in Ya pear[J]. Journal of South China Agricultural University, 2010, 31(2): 36-39. (in Chinese)
- [28] 张世瑞. 咪鲜胺在番石榴保鲜中的降解动态及残留量研究[D]. 海口: 海南大学, 2010.
ZHANG S R. Degradation dynamics and residue of prochloraz in freshness preservation of guava[D]. Haikou: Hainan University, 2010. (in Chinese)
- [29] 雷月, 宫彦龙, 邓茹月, 张大双, 朱速松, 唐会会, 陈重远, 张志斌. 基于主成分分析和聚类分析综合评价蒸谷米的品质特性[J]. 食品工业科技, 2021, 42(7): 258-267.
LEI Y, GONG Y L, DENG R Y, ZHANG D S, ZHU S S, TANG H H, CHEN C Y, ZHANG Z B. Comprehensive evaluation of quality characteristics of parboiled rice based on principal component analysis and cluster analysis[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(7): 258-267. (in Chinese)
- [30] 张梦, 张遥遥, 胡悦, 杜运鹏, 张秀海, 任建武. 基于主成分分析和聚类分析的百合花瓣品质综合分析与评价[J].

- 食品工业科技, 2020, 41(3): 232-238, 245.
- ZHANG M, ZHANG Y Y, HU Y, DU Y P, ZHANG X H, REN J W. Comprehensive evaluation of lily petal quality based on principal component analysis and cluster analysis[J]. Science and Technology of food Industry, 2020, 41(3): 232-238, 245. (in Chinese)
- [31] 喻华平, 赵志常, 高爱平, 罗睿雄. 基于主成分分析和聚类分析的 23 份黄皮种质资源的品质评价[J]. 热带作物学报, 2022, 43(7): 1357-1364.
- YU H P, ZHAO Z C, GAO A P, LUO R X. Quality evaluation of 23 species of *Clausena lansium* (Lour.) Skeels germplasm resources based on principal component analysis and cluster analysis[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2022, 43(7): 1357-1364. (in Chinese)
- [32] 张涛, 贺鹏, 宋海云, 许鹏, 莫庆道, 覃振师, 韦媛荣, 汤秀华, 王文林, 郑树芳. 基于因子分析和聚类分析的 30 份山黄皮种质资源评价[J]. 热带作物学报, 2020, 41(7): 1326-1334.
- ZHANG T, HE P, SONG H Y, XU P, MO Q D, QIN Z S, WEI Y R, TANG X H, WANG W L, ZHENG S F. Evaluation of 30 species of *Clausena anisum-olens* (Blanco) Merr. germplasm resources based on factor analysis and cluster analysis[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2020, 41(7): 1326-1334. (in Chinese)
- [33] 林兆里, 许莉萍, 高三基, 徐金汉. 基于因子分析和聚类分析的甘蔗品种抗螟性评价[J]. 热带作物学报, 2015, 36(7): 1312-1318.
- LIN Z L, XU L P, GAO S J, XU J H. Evaluation of sugarcane varieties resistance to borers based on factor analysis and cluster analysis[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2015, 36(7): 1312-1318. (in Chinese)
- [34] 黎丹, 吴文婧, 黄东益, 谢俊, 赵景梅, 黄小龙, 许云. 毛薯的营养成分分析和聚类分析[J]. 热带作物学报, 2018, 39(3): 575-580.
- LI D, WU W Q, HUANG D Y, XIE J, ZHAO J M, HUANG X L, XU Y. Nutrition composition and clustering analysis of *Dioscorea esculenta* (Lour) Brukill[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2018, 39(3): 575-580. (in Chinese)
- [35] 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.
- CAO J K, JIANG W B, ZHAO Y M. Postharvest physiological and biochemical experiment guidance for fruits and vegetables[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2007. (in Chinese)
- [36] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- GAO J F. Plant physiology experiment guide[M]. Beijing: Higher Education Press, 2006. (in Chinese)
- [37] 李宏祥, 马巧利, 林雄, 廖小娜, 曾平章, 陈金印. 采收成熟度对桃溪蜜柚贮藏品质及抗氧化性的影响[J]. 食品与发酵工业, 2019, 45(13): 191-198.
- LI H X, MA Q L, LIN X, LIAO X N, ZENG P Z, CHEN J Y. Effects of harvest maturity on storage quality and antioxidative capacity of Taoxi pomelo[J]. Food and Fermentation Industry, 2019, 45(13): 191-198. (in Chinese)
- [38] 杨岚琪, 郭静, 金燕, 龙桂友, 龙晴柔, 盛玲. 湖南省 8 个品种柑橘品质和贮藏性的评价[J]. 保鲜与加工, 2022, 22(4): 34-45.
- YANG L Q, GUO J, JIN Y, LONG G Y, LONG Q R, SHENG L. Evaluation on fruit quality and storage trait of eight citrus cultivars in Hunan province[J]. Storage and Process, 2022, 22(4): 34-45. (in Chinese)
- [39] 何建, 陈克玲, 刘建军, 李洪雯, 关斌, 王建辉. 几种保鲜处理对塔罗科血橙贮藏效果的影响[J]. 中国南方果树, 2013, 42(3): 37-39.
- HE J, CHEN K L, LIU J J, LI H W, GUAN B, WANG J H. Effects of several preservation treatments on the storage effect of *Citrus sinensis* Osbeck[J]. South China Fruits, 2013, 42(3): 37-39. (in Chinese)
- [40] 刘浩强, 李鸿筠, 向可海, 冉春, 胡军华, 姚廷山, 郭宏荣. 保鲜剂对柑橘贮藏病菌的敏感性及贮藏保鲜效果[J]. 食品科学, 2014, 35(4): 210-214.
- LIU H Q, LI H J, XIANG K H, RAN C, HU J H, YAO T S, GUO H R. Anti-pathogen activities and effect of four food preservatives on postharvest quality of citrus[J]. Food Science, 2014, 35(4): 210-214. (in Chinese)
- [41] 王海宏, 周慧娟, 陈召亮, 乔勇进, 叶正文, 张学英. 25% 咪鲜胺水乳剂对宫川柑橘贮藏期品质及病害的影响[J]. 食品与机械, 2010, 26(3): 44-46, 104.
- WANG H H, ZHOU H J, CHEN Z L, QIAO Y J, YE Z W, ZHANG X Y. Farm products processing effects of prochloraz emulsion in water on storage quality and disease of Gongchuan orange[J]. Food and Machinery, 2010, 26(3): 44-46, 104. (in Chinese)
- [42] 林上, 孙涵, 兰维杰, 王俏君, 李心丹, 孔维亨, 秦文. 三种保鲜处理对伏令夏橙常温贮藏部分品质及生理特性的影响[J]. 食品工业科技, 2016, 37(15): 344-348.
- LIN S, SUN H, LAN W J, WANG Q J, LI X D, KONG W H, QIN W. Effects of three coating treatments on storage quality and physiology of *Citrus sinensis* Osbeck at room temperature[J]. Science and Technology of Food Industry, 2016, 37(15): 344-348. (in Chinese)