

不同成熟度水晶葡萄贮藏品质研究

吉 宁¹,王 瑞¹,韩泽峰²,杨湘黔¹,曹 森¹,马立志¹

(1. 贵阳学院 食品与制药工程学院/贵州省果品加工技术研究中心,贵州 贵阳 550005;
2. 凯里市大风洞乡兴金种植专业合作社,贵州 凯里 556000)

摘要:为探索不同采收成熟度水晶葡萄贮藏后的商品价值,以3个不同时期采摘的水晶葡萄为试验对象,采用PE20保鲜袋为包装材料,在温度(1.0±0.3)℃、相对湿度(90±5)%条件下贮藏。结果表明,贮藏到60 d时,七成熟果实腐烂率(14.42%)、脱粒率(20.26%)、褐变率(25.16%)、可溶性固形物含量(12.07%)均低于八、九成熟果实,而硬度(270.19 g)高于八、九成熟果实,含水率在整个贮藏期各成熟度之间无差异;八成熟果实腐烂率(20.89%)、脱粒率(25.06%)、褐变率(33.88%)均比九成熟果实低,维生素C含量(0.080 mg/g)高于九成熟果实。综上,七成熟果实耐贮性虽优于八、九成熟果实,但七成熟果实可溶性固形物含量较低,导致口感不佳,九成熟果实维生素C含量低于八成熟果实,且腐烂、褐变、脱粒严重,商品价值较八成熟果实低。综上,水晶葡萄在八成熟时采收,更有利于提高贮藏后的商品性。

关键词:水晶葡萄;成熟度;贮藏;品质;商品性

中图分类号: S663.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2019)09-0117-08

Study on the Storage Quality of Crystal Grapes with Different Maturity

Ji Ning¹, Wang Rui¹, Han Zefeng², Yang Xiangqian¹, Cao Sen¹, Ma Lizhi¹

(1. School of Food and Pharmaceutical Engineering, Guiyang College/Guizhou Engineering Research Center for Fruit Processing, Guiyang 550005, China;
2. Kaili City Dafengdong Township Xingjin Planting Professional Cooperative, Kaili 556000, China)

Abstract: In order to explore the commercial value of crystal grapes with different harvest maturity after storage, the crystal grapes picked in three different periods were taken as experimental objects, and PE20 fresh-keeping bags were used as packaging materials stored at (1.0±0.3)℃ and relative humidity of (90±5)%. The results showed that stored for 60 days, the 70% maturity fruit's rot rate(14.42%), threshing rate(20.26%), browning rate(25.16%), soluble solid content(12.07%) were lower than the 80% and 90% maturity. The hardness(270.19 g) was higher than the 80% and 90% maturity, and the water content did not differ among the maturity during the whole storage period. The 80% maturity fruit's rot rate(20.89%), threshing rate(25.06%), browning rate(33.88%) were lower than those of the 90% maturity, and vitamin C content(0.080 mg/g) was higher than 90% maturity. In summary, the 70% maturity fruit's storability was better than the 80% and 90% maturity, but its soluble solid content was lower, resulting in poor taste, and the 90% maturity fruit's vitamin C content was lower than the 80% maturity. In addition, the 90% maturity fruit's rot, browning and threshing were serious, and the commodity value was lower than that of the 80% maturity. Therefore, the comprehensive comparison showed that the crystal grape should be harvested at the 80% maturity, which would be more conducive to the commodity value

收稿日期:2019-05-20
基金项目:贵州省教育厅青年科技人才成长项目(黔教合KY字[2016]246);凯里市科技计划项目(凯教科合[2015]-4-2号);贵州省教育厅大学生创新创业训练计划一般项目(201610976038);贵阳市科技局-贵阳学院专项资金项目[GYU-KYZ(2019—2020)PT07-03]
作者简介:吉 宁(1984-),男,贵州贵阳人,副教授,硕士,主要从事农产品贮藏与加工研究。
E-mail:jining552100@163.com

after storage.

Key words: Crystal grape; Maturity; Storage; Quality; Marketability

贵州海拔高,多山地,雨水充沛,无霜期长,种植出来的水晶葡萄果穗大、果皮晶莹剔透、甜度高、果汁多、风味好,备受消费者喜爱^[1-2]。目前整个贵州水晶葡萄种植面积约 1.7 万 hm^2 ,约占贵州省葡萄种植面积的 60%,其中以三都县和凯里市种植规模最大,并呈现逐年递增趋势,目前,“凯里水晶葡萄”已获得国家农产品地理标志登记保护^[3-4]。然而,水晶葡萄成熟于 8—9 月份,气候炎热,且处于雨季,完全成熟的水晶葡萄在贮藏、运输过程中,极易出现脱粒、腐烂、干梗、褐变等现象,使其品质和商品价值大幅下降,且由于上市时间集中,直接导致销售压力过大,价格被压制,给种植户带来了巨大的经济损失。

果实采后贮藏性与其成熟度、采摘期、品种相关,其中,采摘成熟度能影响贮藏期间果实的品质和生理特性,采摘过早不利于口感,采摘过晚不利于贮藏^[5-6]。目前,国内外已对杏^[7]、猕猴桃^[8-9]、香蕉^[10]、椪柑^[11]、番茄^[12-13]等果实进行了不同成熟度贮藏特性方面的研究,而关于水晶葡萄的研究多集中在栽培及病虫害防治方面,在采后贮藏保鲜方面的研究报道较少。谢国芳等^[14]使用 1.0 $\mu\text{L/L}$ 的 1-甲基环丙烯(1-MCP)结合二氧化硫缓释保鲜剂(CT-2)在低温下能有效延长水晶葡萄贮藏期;张永福等^[15]使用水杨酸和硝酸钠复合处理能提高水晶葡萄的耐贮性及贮藏品质。而在葡萄成熟度方面,曹婷等^[16]对不同成熟度的新美人指葡萄进行贮藏保鲜发现,八成熟采收有利于延长贮藏寿命,且能更好地维持葡萄品质风味。周杰等^[17]使用臭氧对不同成熟度的巨峰葡萄进行处理,发现八成熟果实在 21 d 时贮藏保鲜效果最好。有关水晶葡萄不同成熟度贮藏性方面的研究尚未见报道,基于此,以水晶葡萄作为试材,采摘不同成熟度的果实进行低温贮藏,研究不同成熟度对其品质及生理特性的影响,为延长水晶葡萄的贮藏期并提高商品价值提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料与试剂

供试水晶葡萄为杂交品种,其父本为康科德(Concord),母本为卡萨迪(Cassady),分别采摘于 2017 年 8 月 19 日、9 月 8 日、9 月 28 日,采摘地点为贵州省凯里市大风洞乡杉树林村兴金种植专业合作社水晶葡萄种植基地(经度 $107^{\circ}52'22''$,纬度 $26^{\circ}43'21''$);PE20 保鲜袋厚度 0.02 mm, O_2 渗透系数 $6.571 \times$

$10^4 \text{ mL}/(\text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot \text{MPa})$, CO_2 渗透系数 $21.88 \times 10^4 \text{ mL}/(\text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot \text{MPa})$,透湿率 $4.82 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$,由国家农产品保鲜工程技术研究中心监制;葡萄专用镂空框,外径 $615 \text{ mm} \times 415 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$ (长 \times 宽 \times 高),内径 $580 \text{ mm} \times 380 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$ (长 \times 宽 \times 高),材质为高密度聚乙烯(HDPE),由普得力塑业有限公司生产。

主要试剂:邻苯二酚、2,6-二氯酚钠、咪唑、半乳糖醛酸、福林酚、愈创木酚、氢氧化钠等,购自国药集团化学试剂有限公司,均为分析纯。

1.2 仪器与设备

精准控温保鲜库 $[(1.0 \pm 0.3)^{\circ}\text{C}、(90 \pm 5)\%$ 相对湿度,国家农产品保鲜工程技术研究中心监制];UV-2550 紫外分光光度计(日本 Shimadzu 公司);TA.XT.Plus 物性质构仪(英国 STab. Micro Systems 公司);PBI-Dansensor CheckPoint II 顶空分析仪(丹麦 PBI Dansensor 公司);ZDJ-4A 型自动电位滴定仪(上海精密科学仪器有限公司);PAL-1 型迷你数显折射计(日本 ATAGO 公司);A11 型分析用研磨机(德国 IKA 公司)。

1.3 试验方法

1.3.1 材料处理 于 8:00—10:00 连同挂果时套的葡萄袋一同采摘,放于葡萄专用镂空框内,每框放 2 层,采摘完毕后于 3 h 内运回贵阳学院果蔬保鲜实验室,将葡萄袋拆除,置于 25°C 空调房间内,使用工业风扇处理 1 h 除去田间热。然后选取大小一致、无机械损伤、无病虫害、色泽均匀、果形端正、成熟度相对一致的果实,装入 PE20 保鲜袋,每框左右两边各放入 1 袋,袋内至多叠 2 层,每袋称取 $(3.0 \pm 0.2) \text{ kg}$,不扎袋,将其转移到温度 $(1.0 \pm 0.3)^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $(90 \pm 5)\%$ 的冷库内预冷 24 h,预冷完毕后扎袋,进行贮藏试验。

试验分为七成熟组、八成熟组、九成熟组,每组每 20 d 随机取样进行各项指标的测定,共取样 60 d,每组 3 个平行。成熟度分级标准:七成熟为 90% 果面青色,不透明,采用手持测糖仪测含糖量为 $12\% \sim 14\%$;八成熟为果面青色渐退,有 50% 透明度,采用手持测糖仪测含糖量为 $14\% \sim 16\%$;九成熟为 80% 果面透明,但无法看到果籽,采用手持测糖仪测含糖量为 $16\% \sim 18\%$ 。

1.3.2 测定指标和方法

1.3.2.1 腐烂率 果实表面出现霉烂、出水、开裂、塌陷的果实定义为已腐烂,计算腐烂率,腐烂率 = 腐

烂颗粒数/检测总果粒数 $\times 100\%$ 。

1.3.2.2 褐变率 由于水晶葡萄表面晶莹剔透,当果实出现褐变点或褐变斑时,非常明显,已失去商品价值,故在计算褐变率时,将表面出现褐斑或褐点的果实,均统计为褐变颗粒,计算褐变率,褐变率=褐变颗粒数/检测总果粒数 $\times 100\%$ 。

1.3.2.3 脱粒率 将水晶葡萄从保鲜袋内提出,轻轻摇晃,统计袋内和摇晃掉下的颗粒数,计算脱粒率,脱粒率=脱粒颗粒数/检测总果粒数 $\times 100\%$ 。

1.3.2.4 硬度 随机取15粒葡萄好果,使果子横向放置在物性质构仪上,有果梗连接一头朝向质构仪左边,采用P/2N探头对其进行穿刺测试,测试参数:穿刺深度为6 mm,测前速度2 mm/s,测中速度1 mm/s,测后速度1 mm/s,触发力5.0 g。

1.3.2.5 可滴定酸和可溶性固形物含量及其他指标 随机取20粒好果,去皮去籽,使用打浆机将其打浆,转入10 mL离心管,于8 000 r/min离心10 min,取上清液,使用数显折射计测定可溶性固形物含量,使用自动电位滴定仪测定可滴定酸含量。

此外,呼吸强度参照ZHANG等^[18]的方法测定;含水率、原果胶和果胶含量参照曹建康等^[19]的方法测定;维生素C含量参照GB/T 6195—1986中2,6-二氯酚酚滴定法测定;多酚含量参照MOYER等^[20]的方法测定;多酚氧化酶(PPO)活性参照DUAN等^[21]的方法测定。

1.4 数据统计分析

以平均值 \pm 标准偏差表示测定结果;采用OriginLab 9.0对数据进行作图,SPSS 19.0对数据进行Duncan's新复极差法差异显著性分析($P < 0.05$ 为差异显著; $P < 0.01$ 为差异极显著; $P > 0.05$ 为差异不显著)。

2 结果与分析

2.1 不同成熟度对水晶葡萄贮藏期间呼吸强度的影响

呼吸作用是果实采收后最重要的生理活动之一,与果实贮藏生理及货架寿命有重要关系,通过测定果实呼吸强度可以衡量果实呼吸作用的强弱,用以评判果实的食用品质和贮藏性。从图1可以看出,不同采摘期果实的呼吸强度不同,采摘当天(0 d)七成熟果实的呼吸强度为4.3 mg/(kg \cdot h),为最低,九成熟果实的最高,为5.9 mg/(kg \cdot h),比七成熟高1.6 mg/(kg \cdot h),且此时期各个成熟度之间的呼吸强度差异显著($P < 0.05$)。整个贮藏期间,各成熟度果实的呼吸强度均呈上升趋势,但七成熟和

八成熟之间差异不显著($P > 0.05$),贮藏到40、60 d时,九成熟果实的呼吸强度分别为7.35、9.85 mg/(kg \cdot h),均高于同期七、八成熟果实,且差异极显著($P < 0.01$)。

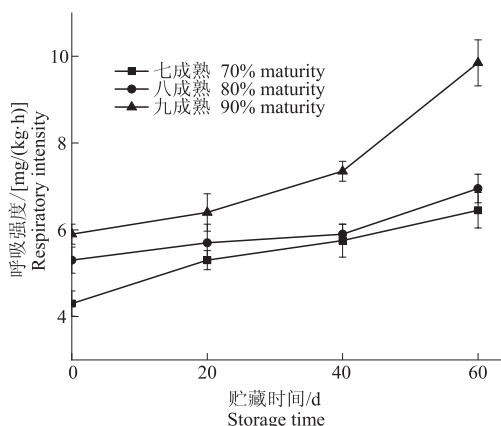


图1 不同成熟度对水晶葡萄贮藏期间呼吸强度的影响
Fig.1 Effects of different maturity on respiratory intensity of crystal grapes during storage

2.2 不同成熟度对水晶葡萄贮藏期间腐烂率的影响

腐烂率直观地反映了果实的贮藏品质与商品性。从图2可以看出,整个贮藏期间,各成熟度的果实腐烂率均呈上升趋势,贮藏到20 d时,各成熟度果实之间的腐烂率差异不显著($P > 0.05$);到40 d,九成熟果实腐烂率为9.92%,与七、八成熟果实差异显著($P < 0.05$);60 d时,各成熟度果实之间腐烂率差异显著($P < 0.05$),九成熟果实腐烂率此时已达到28.61%,而七、八成熟果实分别为14.42%和20.89%,说明贮藏到后期,成熟度越高,果实腐烂速度越快。对比图1发现,九成熟果实腐烂率的变化趋势与呼吸强度的变化趋势相似,而八成熟果实呼吸强度与七成熟的无显著差异($P > 0.05$),但腐烂率却比七成熟的要高,且差异显著($P < 0.05$)。

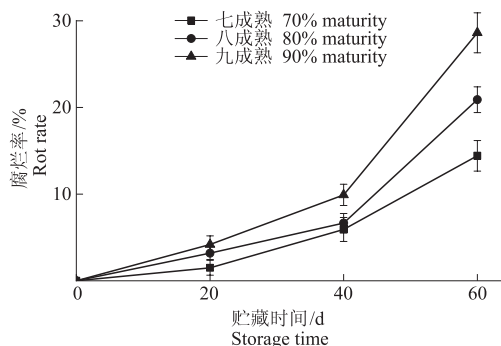


图2 不同成熟度对水晶葡萄贮藏期间腐烂率的影响
Fig.2 Effects of different maturity on rot rate of crystal grapes during storage

2.3 不同成熟度对水晶葡萄贮藏期间褐变率的影响

成熟的水晶葡萄晶莹剔透,贮藏期间果实表面容易发生褐变,当表面出现褐变斑或褐变点时会给消费者造成不新鲜、已变质的印象,所以贮藏期间的褐变率直接影响水晶葡萄的商品性。从图 3 可以看出,整个贮藏期间,各个成熟度葡萄的褐变率均上升,其中,以九成熟上升速度最快,在贮藏 20 d 时,褐变率已达 18.43%,几乎是七、八成熟葡萄(分别为 9.13% 和 10.62%)的 2 倍,且差异显著($P < 0.05$);贮藏到 40 d 时,各成熟度水晶葡萄褐变率继续升高,九成熟的为 33.44%,分别比七成熟和八成熟的高出 14.83、9.95 个百分点,且彼此之间差异显著($P < 0.05$);到 60 d 时,九成熟的葡萄几乎每一串都有褐变颗粒存在,而八成熟的褐变率也达到 33.88%,两者大部分已失去了商品价值,相对来说,七成熟的褐变率为 25.16%,仍具有一定的商品性。

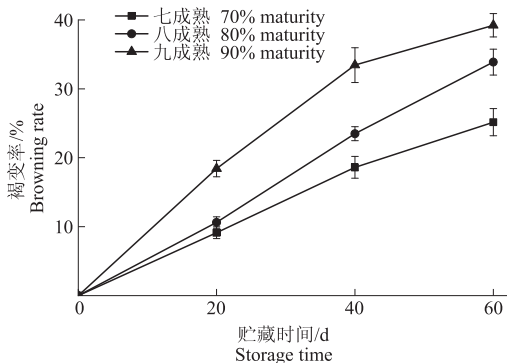


图 3 不同成熟度对水晶葡萄贮藏期间褐变率的影响
Fig. 3 Effects of different maturity on browning rate of crystal grapes during storage

2.4 不同成熟度对水晶葡萄贮藏期间脱粒率的影响

葡萄在采收后,由于过熟、发育不良、机械损伤、病害、脱落酸分泌过多、品质特性等,均可造成贮藏后期提动穗轴而脱粒。从图 4 可以看出,整个贮藏期,各成熟度的葡萄脱粒率均呈上升趋势,九成熟始终保持最高且与其他 2 组之间差异显著($P < 0.05$),在 40 d 之前,七成熟和八成熟之间差异并不显著($P > 0.05$),贮藏到 60 d,七、八、九成熟葡萄的脱粒率分别为 20.26%、25.06% 和 35.07%,且各组之间差异显著($P < 0.05$),由此可见,成熟度越高,贮藏期间越容易造成脱粒。

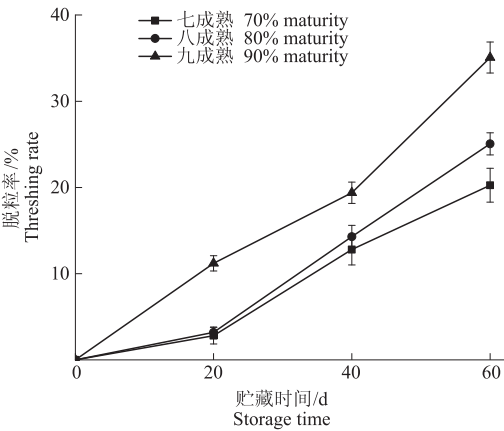


图 4 不同成熟度对水晶葡萄贮藏期间脱粒率的影响
Fig. 4 Effects of different maturity on threshing rate of crystal grapes during storage

2.5 不同成熟度对水晶葡萄贮藏期间含水率的影响

果实贮藏过程中,含水率的高低对品质有很大的影响,含水率高时,果实坚挺饱满、光泽鲜艳,含水率低时,就会出现萎焉、皱缩、品质下降,商品价值降低,所以,测定果实的含水率具有重要的实践意义。从图 5 可以看出,在整个贮藏期,各成熟度果实含水率与采摘当天(0 d)相比较,差异均不显著($P > 0.05$),0 d 时,七、八、九成熟果实的含水率分别为 87.59%、86.72%、86.15%;而到 60 d,各成熟度葡萄含水率分别为 85.5%、84.46%、84.16%,且各成熟度之间也无显著差异($P > 0.05$)。

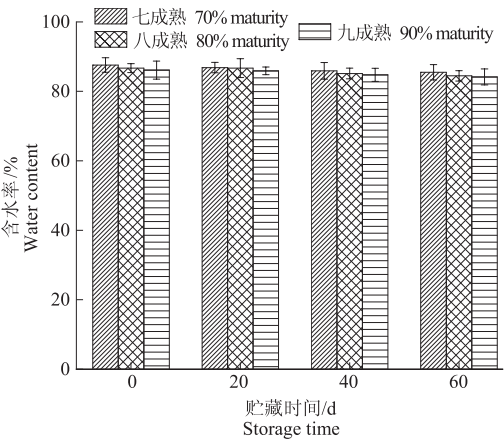


图 5 不同成熟度对水晶葡萄贮藏期间含水率的影响
Fig. 5 Effects of different maturity on water content of crystal grapes during storage

2.6 不同成熟度对水晶葡萄贮藏期间原果胶和可溶性果胶含量的影响

在贮藏初期,果胶物质与纤维素结合以原果胶的形式存在,而原果胶是一种非水溶性的物质,它的存在使果实显得坚实。随着贮藏时间的延长,果胶物质

逐渐与纤维素分离形成易溶于水的可溶性果胶,果实组织也变得松弛、软化。从图 6 可以看出,采摘时,七成熟果实的原果胶含量最高,其大约为九成熟的 1.7 倍;而可溶性果胶含量却相反,采摘当天以九成熟的含量最高,大约为七成熟的 2.5 倍。随着贮藏时间的

延长,各成熟度果实原果胶含量逐渐降低,在整个贮藏期,七成熟果实的原果胶含量始终保持最高,且与其余各组间差异显著 ($P < 0.05$);而可溶性果胶含量却逐渐升高,九成熟果实可溶性果胶含量始终保持最高,且与其余各组间差异显著 ($P < 0.05$)。

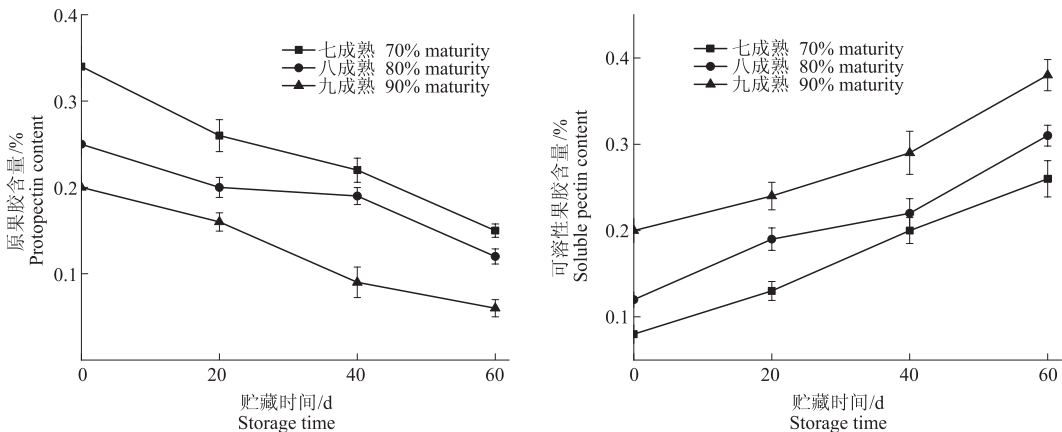


图 6 不同成熟度对水晶葡萄贮藏期间原果胶和可溶性果胶含量的影响

Fig. 6 Effects of different maturity on protopectin and soluble pectin content of crystal grapes during storage

2.7 不同成熟度对水晶葡萄贮藏期间硬度的影响

果实成熟度不同或逐渐衰老过程中,硬度会逐渐降低,通过对硬度的测量,可以判定果实的成熟度和贮藏期间的软化程度,间接地反映贮藏品质。从图 7 可以看出,不同成熟度水晶葡萄在整个贮藏期间,硬度逐渐下降,七成熟果实硬度始终保持最高,且与八、九成熟的硬度差异显著 ($P < 0.05$)。采摘当天七成熟的硬度达到 363.75 g,分别比八成熟和九成熟的高出 20.12% 和 20.38%,而八、九成熟之间差异不显著 ($P > 0.05$);随着贮藏期的延长,各成熟度的硬度逐渐下降,贮藏到 60 d,七成熟的硬度为 270.19 g,分别比八成熟和九成熟的高出 17.94% 和 29.13%;从贮藏初期和末期可以看出,成熟度越高,

硬度下降越快。对比图 6 和图 7 发现,原果胶和可溶性果胶的含量和变化直接影响了各成熟度果实的硬度,可溶性果胶含量越高,硬度越低。

2.8 不同成熟度对水晶葡萄贮藏期间可溶性固形物含量的影响

可溶性固形物含量能直观地反映果实成熟度和品质状况。从图 8 可以看出,各成熟度水晶葡萄可溶性固形物含量均呈下降趋势,整个贮藏期间,九成熟果实可溶性固形物含量始终最高,且与其余各成熟度之间差异显著 ($P < 0.05$),而采摘当天九成熟果实的含量为 16.85%,分别比七、八成熟的高出 3.52、1.65 个百分点,且差异显著 ($P < 0.05$);贮藏到 60 d 时,九成熟果实可溶性固形物含量下降到 13.70%,分别比七、八成熟的果实高出 1.63、0.53 个百分点,同样差异显著 ($P < 0.05$)。

2.9 不同成熟度对水晶葡萄贮藏期间可滴定酸含量的影响

果蔬中可滴定酸含量能影响果实的口感和风味。从图 9 可以看出,采摘当天,七成熟葡萄的可滴定酸含量 0.91%,为三者最高,九成熟的含量 (0.61%) 最低,八成熟的介于两者之间,各成熟度葡萄之间可滴定酸含量差异显著 ($P < 0.05$),随着贮藏时间的增加,各成熟度葡萄之间的可滴定酸含量呈下降趋势,贮藏到 60 d 时,七、八、九成熟葡萄

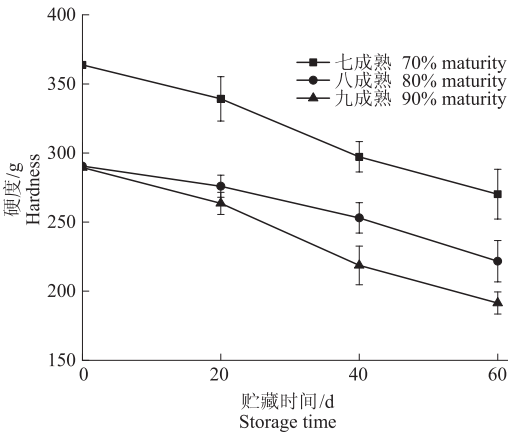


图 7 不同成熟度对水晶葡萄贮藏期间硬度的影响
Fig. 7 Effects of different maturity on hardness of crystal grapes during storage

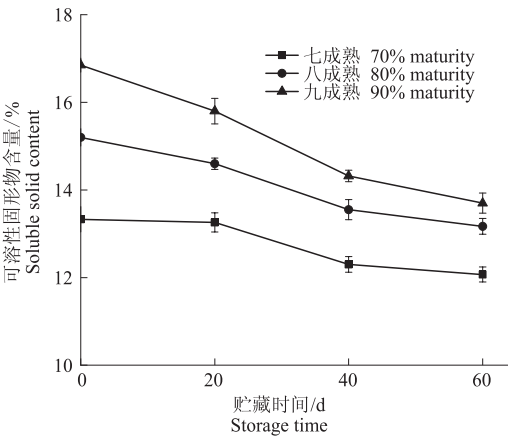


图 8 不同成熟度对水晶葡萄贮藏期间可溶性固形物含量的影响

Fig.8 Effects of different maturity on soluble solid content of crystal grapes during storage

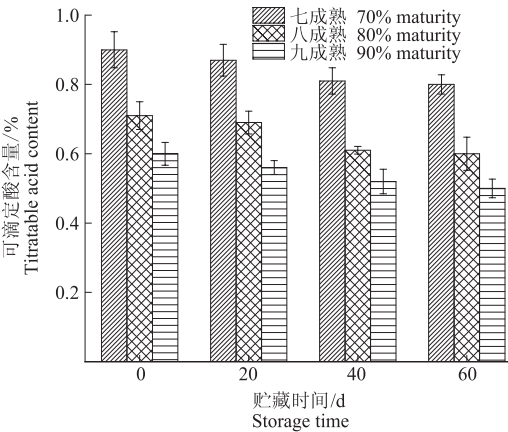


图 9 不同成熟度对水晶葡萄贮藏期间可滴定酸含量的影响

Fig.9 Effects of different maturity on titratable acid content of crystal grapes during storage

含量分别为0.8%、0.6%、0.5%，分别比刚采摘时下降0.11、0.10、0.11个百分点。

2.10 不同成熟度对水晶葡萄贮藏期间维生素 C 含量的影响

维生素 C 常被果实采后生理活性过程中发生的氧化反应所消耗,导致果实中的自由基积累,果蔬的衰老速度加快,由此,维生素 C 含量是评价果蔬贮藏期间品质的重要指标^[22]。由图 10 可以看出,整个贮藏期间,各成熟度果实维生素 C 含量均呈下降趋势。采摘当天九成熟的含量最高,为 0.137 mg/g,其次为八成熟的 0.126 mg/g,七成熟的含量最低,且各成熟度之间差异显著 ($P < 0.05$);贮藏 20 d 时,八、九成熟维生素 C 含量下降幅度较小,七成熟下降速度相对较快,此阶段各组之间差异仍然显著 ($P < 0.05$);贮藏到 40 d 时,各成熟度维生素 C 含量均有较大幅度下降,其中,七、八成熟含量差异不显著 ($P > 0.05$),七成熟与九成熟含量差异显著 ($P >$

0.05),九成熟的略高于七成熟;贮藏到 60 d 时,九成熟维生素 C 含量降到 0.069 mg/g,七、八成熟的分别为 0.075 mg/g 和 0.080 mg/g,各成熟度之间差异不显著 ($P > 0.05$)。

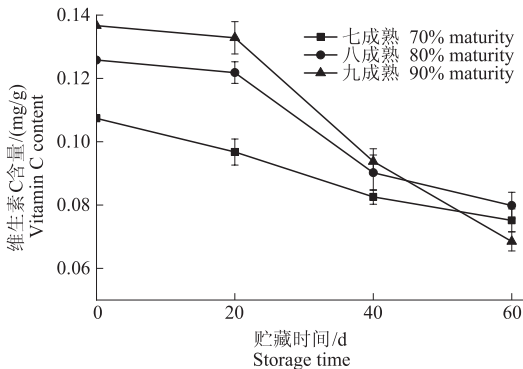


图 10 不同成熟度对水晶葡萄贮藏期间维生素 C 含量的影响

Fig.10 Effects of different maturity on vitamin C content of crystal grapes during storage

2.11 不同成熟度对水晶葡萄贮藏期间多酚含量的影响

多酚类物质为次生代谢物,与果蔬的品质、成熟衰老过程、组织褐变等密切相关,其常被氧化成醌类化合物,使得果蔬表皮或果肉呈现褐色、棕色或黑色。从图 11 可以看出,采摘当天七成熟果实多酚含量最高,为 0.73 mg/g,其次为八成熟的 0.66 mg/g,九成熟的最低,为 0.62 mg/g,且各成熟度之间差异显著 ($P < 0.05$)。随着贮藏时间的延长,各成熟度多酚含量呈下降趋势,贮藏到 40 d 时,仍然是七成熟的含量最高,且与其余各成熟度之间差异显著 ($P < 0.05$),八、九成熟下降速度相对较快,九成熟含量下降到 0.37 mg/g,比刚采摘时下降 38.85%,比此阶段七成熟的果实降低 44.59%,说明成熟度越高,多酚含量越低,且在贮藏过程中含量下降也越快。贮藏到 60 d 时,七成熟果实的多酚含量迅速下降,此时与八成熟含量差异不显著 ($P > 0.05$),但仍然高于九成熟,且差异显著 ($P < 0.05$)。

2.12 不同成熟度对水晶葡萄贮藏期间 PPO 活性的影响

果蔬在贮藏过程中,组织褐变常常与 PPO 活性有关。从图 12 可以看出,采摘当天各成熟度果实的 PPO 活性并无差异 ($P > 0.05$),随着贮藏时间的延长,各成熟度果实的 PPO 活性呈上升趋势。整个贮藏期间,九成熟果实 PPO 活性始终高于七、八成熟,贮藏到 20 d 时,九成熟的 PPO 活性为 0.344 U,比七成熟的高出 38.06%,贮藏到 40 d,各成熟度的

PPO 活性缓慢上升,到 60 d 时,九成熟的 PPO 活性上升到 0.613 U,比七、八成熟的分别高出 13.25% 和 10.28%,且差异显著($P < 0.05$),说明成熟度越高,其贮藏期间 PPO 活性也越高。对比图 3、图 11 和图 12 可以发现,PPO 活性与褐变率有相同的变化趋势,与多酚含量有相反的变化趋势,说明 PPO 活性升高是导致水晶葡萄贮藏期间褐变的原因之一。

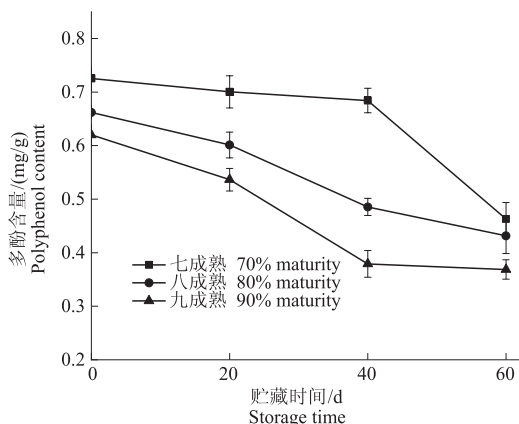


图 11 不同成熟度对水晶葡萄贮藏期间多酚含量的影响

Fig. 11 Effects of different maturity on polyphenol content of crystal grapes during storage

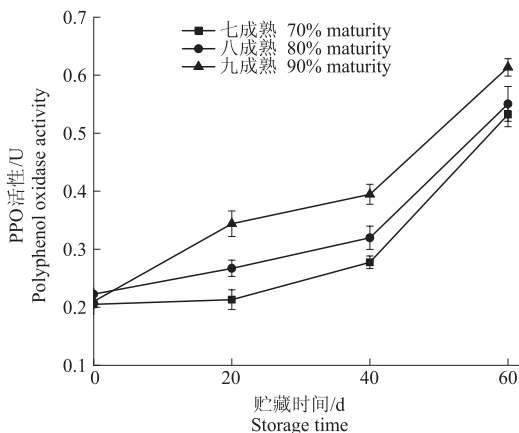


图 12 不同成熟度对水晶葡萄贮藏期间 PPO 活性的影响

Fig. 12 Effects of different maturity on polyphenol oxidase activity of crystal grapes during storage

3 结论与讨论

本研究发现,葡萄呼吸强度、腐烂率、褐变率在贮藏期间均有相似的变化趋势,九成熟果实均高于七、八成熟,说明成熟度越高,贮藏期间果实生理活性变化越快,较强的呼吸强度也导致了果实衰老加快。在对果实腐烂率和褐变率进行统计时发现,不管是由于衰老,还是由于致病菌导致的腐烂,其果实均出现褐变现象,但褐变的果实并未全部腐烂,说明水晶葡萄腐烂过程中可能会先经历褐变。而在统计

脱粒率时发现,成熟度越高,脱粒率也越高,但脱粒率与腐烂率、褐变率之间并无相关性,很多颗粒脱落下来并没有腐烂或褐变。整个贮藏期间,各成熟度的果实含水率与采摘时相比,并没有太大差异,由此体现了 PE20 袋透气不透水的特性,加之低温下贮藏能有效减缓果实表面水分蒸发,使果实能维持采摘时的含水量,对比其他指标发现,果实含水率的高低并不影响其生理特性的变化;原果胶含量的下降和可溶性果胶含量的上升,说明原果胶逐渐转化为可溶性果胶,使得贮藏后期果实逐渐软化,以九成熟的软化速度最快,硬度的变化趋势也体现了这种转变;各成熟度葡萄的可溶性固形物和可滴定酸含量在整个贮藏期间均呈现下降趋势,一些果实贮藏期间可溶性固形物含量会出现先上升后下降的趋势,表明其存在后熟现象,但水晶葡萄在整个贮藏期可溶性固形物含量均呈下降趋势,说明水晶葡萄可能没有后熟现象,对于可滴定酸的变化,发现成熟度越高,其含量越低,且在贮藏期间含量下降也越快,而这两者能直接反映果实的口感,因此,两者的持续下降表明水晶葡萄不宜长期贮藏。九成熟葡萄维生素 C 含量从 0 d 的最高值下降到 60 d 的最低值,说明成熟度越高,贮藏期间其被氧化反应消耗速度也越快。多酚含量与多酚氧化酶活性在整个贮藏期间有相反的变化趋势,对比褐变率可以看出,成熟度越高,多酚被氧化成有色醌类物质的速度也越快。

综上,九成熟果实在采摘时口感及品质方面较优,但耐贮性不及七、八成熟,虽七成熟果实耐贮性最好,但其可溶性固形物含量较低,可滴定酸含量较高,导致口感不佳,营养成分维生素 C 含量也相对较低,所以,对于水晶葡萄而言,低温下贮藏以八成熟为宜。

参考文献:

- [1] 王孜昌,王宏艳. 贵州省气候特点与植被分布规律简介[J]. 贵州林业科技,2002,30(4):46-50.
- [2] 周朝霞,莫之荣,刘华,等. 果实套袋控制水晶葡萄病虫害的关键技术[J]. 中国植保导刊,2014,34(9):38-39.
- [3] 唐冬梅. 贵州省水晶葡萄产业发展现状及建议[J]. 河北林业科技,2015(4):112-114.
- [4] 潘荣生,李友发,刘泽双,等. 凯里地区水晶葡萄标准化栽培技术[J]. 耕作与栽培,2015(2):67-68.
- [5] BHUTIA W, PAL R K, SEN S, et al. Response of different maturity stages of sapota (*Manilkara achras* Mill.) cv. Kallipatti to in-package ethylene absorbent[J]. J Food Sci Technol,2011,48(6):763-768.

- [6] POLL L, PETERSEN M, NIELSEN G S. Influence of harvest year and harvest time on soluble solids, titrateable acid, anthocyanin content and aroma components in sour cherry (*Prunus cerasus* L. cv. "Stevnsbær") [J]. European Food Research & Technology, 2003, 216 (3): 212-216.
- [7] JING Y, MA X, JIN P, *et al.* Effects of harvest maturity on chilling injury and storage quality of apricots [J]. Journal of Food Quality, 2018(1): 1-7.
- [8] GHASEMNEZHAD M, GHORBANALIPOUR R, SHIRI M A. Changes in physiological characteristics of kiwifruit harvested at different maturity stages after cold storage [J]. Agriculturae Conspectus Scientificus, 2013, 78(1): 41-47.
- [9] DING Y L, SHEN L M, LIU D Z, *et al.* Study on different maturity on maintaining quality and prolonging storage life of kiwifruit [J]. Applied Mechanics & Materials, 2013, 411/414: 3174-3177.
- [10] LI W, SHAO Y, CHEN W, *et al.* The effects of harvest maturity on storage quality and sucrose-metabolizing enzymes during banana ripening [J]. Food & Bioprocess Technology, 2011, 4(7): 1273-1280.
- [11] 吴文明, 朱一成, 秦巧平, 等. 不同采收成熟度对椪柑采后贮藏性及品质的影响 [J]. 中国果菜, 2017, 37(8): 4-8.
- [12] TOLESA G N, WORKNEH T S, MELESSE S F. Logistic regression analysis of marketability of tomato fruit harvested at different maturity stages and subjected to disinfection, storage condition and storage period treatments [J]. Biological Agriculture & Horticulture, 2018, 34(4): 1-13.
- [13] TAKAHASHI N, MAKI H, TAKAYAMA K, *et al.* Estimation of tomato fruit color change with different storage temperatures at different maturity stages [J]. Acta Horticulturae, 2014, 1037: 385-390.
- [14] 谢国芳, 吴颖, 王新华, 等. 1-MCP 结合 CT-2 对水晶葡萄低温贮藏品质的影响 [J]. 中国南方果树, 2017, 46(4): 112-116.
- [15] 张永福, 莫丽玲, 董翠莲, 等. 外源 SA 和 SNP 对“水晶”葡萄采后防腐保鲜效果的影响 [J]. 中国南方果树, 2016, 45(3): 35-41.
- [16] 曹婷, 周步海, 顾克余, 等. 不同成熟度对‘新美人指’葡萄贮藏保鲜效果的研究 [J]. 中国农学通报, 2014, 30(27): 315-320.
- [17] 武杰, 朱飞. 臭氧处理对不同成熟度葡萄保鲜效果 [J]. 食品工业科技, 2012, 33(11): 359-362.
- [18] ZHANG D, XU X, ZHANG Z, *et al.* 6-benzylaminopurine improves the quality of harvested litchi fruit [J]. Postharvest Biology and Technology, 2018, 143: 137-142.
- [19] 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: 31-87.
- [20] MOYER R A, HUMMER K E, FINN C E, *et al.* Anthocyanins, phenolics, and antioxidant capacity in diverse small fruits: Vaccinium, rubus, and ribes [J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2002, 50(3): 519-525.
- [21] DUAN X, SU X, YOU Y, *et al.* Effect of nitric oxide on pericarp browning of harvested longan fruit in relation to phenolic metabolism [J]. Food Chemistry, 2007, 104(2): 571-576.
- [22] XU D, QIN H R, REN D. Prolonged preservation of tangerine fruits using chitosan/montmorillonite composite coating [J]. Postharvest Biology & Technology, 2018, 143(4): 50-57.