

1-MCP 结合冰温贮藏对葡萄果实质地的影响^{*}

李志文¹ 张平¹ 张昆明² 任朝辉¹

(1. 国家农产品保鲜工程技术研究中心, 天津 300384; 2. 大连工业大学生物与食品工程学院, 大连 116034)

【摘要】 为探讨 1-MCP 处理结合冰温贮藏对采后葡萄果实质地的影响,以乍娜葡萄为试材,应用质构仪质地多面分析(TPA)方法对葡萄贮藏期间果肉质地参数变化规律进行研究。结果表明,1.0 μL/L 1-MCP 处理结合冰温贮藏可以延缓葡萄果实的软化,果实的硬度、弹性、凝聚性和咀嚼性较之单纯的冷库和冰温贮藏均有所提高;果肉硬度与回复性呈较好的正相关性,果肉弹性与果肉回复性、咀嚼性、凝聚性均呈现较好的相关性;葡萄好果率与果肉硬度在一定范围内呈良好线性关系。结果也表明,TPA 测试能够较好地反映葡萄贮藏期间果实质地的变化,适用于葡萄贮藏品质的客观评价。

关键词: 葡萄 质地 1-MCP 冰温贮藏 TPA
中图分类号: S609+.3; S663.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2011)07-0176-06

Effect of 1-Methylcyclopropene Combined with Controlled Freezing-point Storage on Texture of Grape Fruit

Li Zhiwen¹ Zhang Ping¹ Zhang Kunming² Ren Zhaohui¹

(1. National Engineering and Technology Research Center for Preservation of Agriculture Products, Tianjin 300384, China
2. College of Food Science and Biotechnology, Dalian Polytechnic University, Dalian 116034, China)

Abstract

In order to investigate the effect of 1-methylcyclopropene combined with controlled freezing-point storage on grape texture, the change of ‘ZANA’ grape flesh texture parameters was studied by using texture profile analysis with a texture analyzer. The result showed that softening of grape fruit was delayed by 1.0 μL/L 1-methylcyclopropene combined with controlled freezing-point storage. The hardness, springiness, cohesiveness, chewiness and marketable fruit rate of grape fruit treated by 1-methylcyclopropene are higher than cold storage and controlled freezing-point storage. The hardness of grape has a good positive correlation with resilience. The springiness of grape has good positive correlations with resilience, chewiness and springiness. The marketable fruit rate of grape has a good linear relationship with fruit hardness. In conclusion, TPA test can reflect the change of grape fruit texture during storage and fit for evaluation of the quality of stored grape.

Key words Grape, Texture, 1-MCP, Controlled freezing-point storage, TPA

引言

葡萄贮藏期间的果肉组织随贮期延长逐渐出现软化,严重影响食用品质。目前,表征果实质地特性的参数除了硬度外还包括弹性、黏着性、凝聚性、咀嚼性和回复性等,这些参数都与果实内部的组织软

化有关。质构仪质地多面分析(texture profile analysis,简称 TPA)法是近年来发展起来的一种新型仪器测试方法,可以模拟口腔的咀嚼运动,分析样品的相关质地参数^[1]。据报道目前 TPA 法已经应用于水果的硬度检测^[2~6]。1-甲基环丙烯(1-methylcyclopropene,简称 1-MCP)是一种新型的

收稿日期: 2010-10-19 修回日期: 2010-11-08
^{*} 国家葡萄产业技术体系建设项目(CARS-30)和农业部公益性行业(农业)科研专项经费项目(nyhyzx07-027)
作者简介: 李志文,助理研究员,主要从事果蔬采后生理生化研究,E-mail: lizhiwen315@163.com
通讯作者: 张平,研究员,主要从事果蔬采后生理与物流保鲜技术研究,E-mail: zhp-0352@163.com

乙烯受体抑制剂,据报道 1-MCP 处理可以明显减弱跃变型果实乙烯产量和呼吸强度,从而推迟或抑制果实的软化^[7],近期研究发现适宜浓度 1-MCP 处理也可以有效地抑制非呼吸跃变型果实乙烯生成^[8-12],减弱果实 PG 和 PMG 的活性,保持果实品质,延缓果实衰老软化。冰温技术 (controlled freezing point) 是继冷藏、气调贮藏后的第三代保鲜技术,能够维持细胞活体状态,长期有效地保持食品的固有风味和口感,抑制贮藏过程中果蔬致病真菌的生长^[13]。近年来,国内外对于 1-MCP 在葡萄采后保鲜中的作用研究甚少,关于 1-MCP 结合冰温贮藏技术的研究更是未见报道,为了深入了解 1-MCP 处理结合冰温贮藏对葡萄果实采后软化的作用效果,本文通过质构 TPA 测试法,对乍娜葡萄 1-MCP 处理结合冰温贮藏期间果肉质地参数的变化规律进行研究,旨在探索该处理方式对葡萄贮藏过程中果肉质地变化的影响。

1 材料与方法

1.1 实验材料

乍娜葡萄:于 2010 年 6 月 30 日采自天津市武清区灰锅口村,采收后装入周围铺有报纸的塑料筐内,于采收当天运回国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津)进行相关处理。

1-MCP 粉剂:由美国罗门哈斯公司提供。

1.2 实验设备

TA.XT.Plus 型物性测试仪,英国 Stable Micro System 公司;BW-120 型冰温保鲜库、普通冷库,国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津);电子秤,上海永杰衡器有限公司。

1.3 实验方法

1.3.1 实验设计

实验设两个处理和两个对照:普通冷库贮藏对照,以 L-CK 表示;冰温库贮藏对照,以 B-CK 表示;1 μL/L 1-MCP 处理 + 冰温贮藏,以 B-C1 表示;0.5 μL/L 1-MCP 处理 + 冰温贮藏,以 B-C2 表示。

1.3.2 处理方法

从采收后的乍娜葡萄中选取无病害、无霉变、无机械损伤的果实放置于 1 m³ 的密闭塑料帐内,帐内加设风机吹风,之后分别用体积比 1.0、0.5 μL/L 的 1-MCP 处理 24 h (处理方法参照文献[14]),之后将处理过的葡萄果实称取 2.5 kg/袋小心放入 PE 保鲜袋(国家农产品保鲜工程技术研究中心提供)中,然后整齐放入自行设计的无盖果实包装箱中,每箱放一袋,最后将其放入 BW-120 冰温保鲜库((-0.3

±0.3)℃)中进行贮藏。以未用 1-MCP 处理的葡萄果实作为对照(CK),分别放置在冷库和冰温库中贮藏,每 10 d 各处理取出 3 箱(重复)调查腐烂果粒质量,计算好果率,并从每箱内各果穗的上中下部位随机取 15 个果粒进行质地参数检测,好果率计算公式为

$$C = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100\%$$

式中 W_0 ——果穗初始质量

W_1 ——腐烂果质量

1.3.3 果实质地分析

将乍娜葡萄小心去皮(尽量避免把果肉掀起)后,放置于质构仪测试平板上,然后采用直径为 75 mm 的圆柱形探头 P/75 对去皮葡萄进行 TPA 测试。测试参数如下:测前速度 5 mm/s,测试速度 2 mm/s,测后上行速度 2 mm/s,葡萄果肉受压变形为 25%,两次压缩停顿时间为 5 s,触发力为 5 g 力。由质地特征曲线得到评价葡萄贮藏期间果肉状况的质地参数:硬度、黏着性、弹性、凝聚性、咀嚼性和回复性,结果取平均值。葡萄果肉 TPA 典型质地特征曲线如图 1 所示。

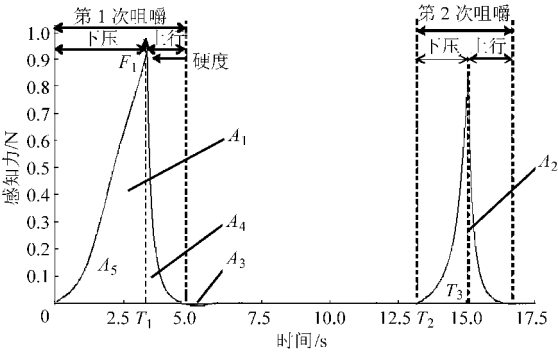


图 1 葡萄果肉 TPA 典型质地特征曲线

Fig. 1 Force-time curves from texture profile analysis (TPA) of grape berry

TPA 参数定义如下:①以双峰曲线中的第 1 个峰的最大值 F_1 表示硬度,单位: N。②弹性与第 2 次压缩达峰值时所经历的时间 ΔT ($\Delta T = T_3 - T_2$) 呈正比,与第 1 次压缩达峰值时所经历的时间 T_1 呈反比,即 $(T_3 - T_2)/T_1$ 。③凝聚性指第 2 次压缩所得的峰面积 A_2 与第 1 次压缩所得的峰面积 A_1 之比,即 A_2/A_1 。④咀嚼性为硬度、凝聚性和弹性三者乘积,单位: N。⑤回复性指曲线中面积 A_4 与面积 A_5 之比,即 A_4/A_5 。⑥黏着性指第 1 次压缩曲线达到零点到第 2 次压缩曲线开始之间曲线的负面积 A_3 。

1.3.4 数据处理

文中结果与分析部分所有图表的绘制采用 Excel 进行处理,利用 SPSS 17.0 统计软件对实验数

据进行皮尔逊相关分析和曲线拟合分析。

2 结果与分析

2.1 质地参数间的相关性分析

葡萄果肉 TPA 测试所得各项质地参数相关性分析结果如表 1 所示,在本贮藏实验条件下,乍娜葡萄果肉硬度与回复性呈极显著的正相关性($p < 0.01$),这说明葡萄果肉硬度越大,果肉的回复性就越高。此外,果肉弹性与果肉回复性、咀嚼性、凝聚

性均呈现极显著的正相关性($p < 0.01$),其中与咀嚼性的相关性最高($R = 0.942$),说明葡萄果肉弹性越好,果肉的咀嚼性越强,果肉凝聚性和回复性也越高。而果肉硬度与弹性、凝聚性及咀嚼性也存在显著正相关($p < 0.05$),果肉咀嚼性与凝聚性和回复性之间均呈现较好的相关性($p < 0.05$)。而黏着性与其他指标间没有显著的相关性。综合分析,果肉硬度、弹性、凝聚性、咀嚼性和回复性均能很好反映果肉的质地变化。

表 1 TPA 实验所得葡萄果肉各项质地参数间的相关性(R)

Tab.1 Correlation (R) among texture parameters of grape berry from TPA						
质构参数	硬度	黏着性	弹性	凝聚性	咀嚼性	回复性
硬度	1					
黏着性	0.187	1				
弹性	0.734 *	0.006	1			
凝聚性	0.623 *	0.071	0.863 **	1		
咀嚼性	0.755 *	0.051	0.942 **	0.883 **	1	
回复性	0.857 **	-0.016	0.855 **	0.785 *	0.826 **	1

注: * 表示 $p < 0.05$; ** 表示 $p < 0.01$ 。

2.2 1-MCP 结合冰温处理对质构参数的影响

2.2.1 果实贮藏期硬度

硬度反映的是葡萄果肉在外力作用下发生形变所需要的屈服力大小。由图 2 可以看出,随着贮藏时间的延长,所有处理和对照的葡萄果实硬度均呈现下降的趋势,其中冷库对照的果实硬度下降较快,果实硬度最低,并且在贮藏到 50 d 时果实已完全腐烂无法测量。1.0 $\mu\text{L/L}$ 处理果实的硬度下降相对较慢,果实硬度在整个贮藏期均高于其他处理。0.5 $\mu\text{L/L}$ 处理果实在贮藏初期下降较快,在第 20 天时与冷库对照果实的硬度相当,之后下降速度明显减缓,到贮藏 60 d 时冰温贮藏的葡萄果实各处理硬度大小依序为 1 $\mu\text{L/L}$ 处理、0.5 $\mu\text{L/L}$ 处理、冰温对照。由此可以看出 1-MCP 处理延缓了果实硬度下降,抑制了果实的软化。

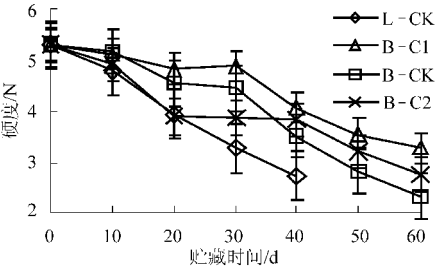


图 2 不同处理葡萄贮藏期间果肉硬度变化

Fig.2 Changes of grape berry hardness by different treatments and controls during storage

2.2.2 果实贮藏期弹性

弹性反映的是葡萄果肉经第 1 次压缩变形后,在去除变形力的条件下所能恢复的程度。如图 3 所

示,在整个贮藏期间,葡萄果实弹性整体呈现先升高后降低的趋势。在贮藏 10 d 时,冰温贮藏的葡萄果实弹性均有不同程度的增加,其中冰温对照增加幅度最大,1 $\mu\text{L/L}$ 处理次之,0.5 $\mu\text{L/L}$ 处理增幅最小。之后随着贮藏时间的延长,冰温贮藏的果实的弹性均逐渐下降,1 $\mu\text{L/L}$ 处理果实弹性在贮藏第 10 天至 40 天内变化较小,而 0.5 $\mu\text{L/L}$ 和对照果实在此期间弹性下降幅度较大,到贮藏 60 d 时三者果实弹性差异很小。而冷库贮藏的葡萄果实弹性在贮藏 30 d 内维持在一个相对稳定的水平,之后开始明显的下降,在贮藏至 50 d 时果实腐烂无法测量。以上论述说明 1-MCP 处理可以使葡萄果实弹性呈缓慢的下降趋势,进而使果实在长时间贮藏后仍能保持相对较高的弹性。

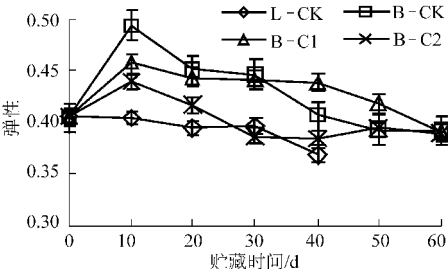


图 3 不同处理葡萄贮藏期间果肉弹性的变化

Fig.3 Changes of grape berry springiness by different treatments and controls during storage

2.2.3 果实贮藏期凝聚性

凝聚性反映的是咀嚼葡萄果肉时,果肉抵抗牙齿咀嚼破坏而表现出的内部结合力,反映了果肉组织细胞间结合力的大小,使果实保持完整的性质。

如图 4 所示,随着贮藏时间的延长,所有处理与对照的果实凝聚性呈先升高后降低的趋势,在贮藏 10 d 时果实凝聚性有所上升,其中冰温对照的果实凝聚性上升幅度最大,之后呈下降趋势。冰温对照和 0.5 $\mu\text{L/L}$ 处理果实的凝聚性在 10 ~ 30 d 内下降较快,而 1 $\mu\text{L/L}$ 处理的果实凝聚性则波动较小。冷库处理果实的凝聚性始终低于其他处理与对照,并且在贮藏至 50 d 时果实腐烂无法测量。在贮藏至 60 d 时,1 $\mu\text{L/L}$ 处理果实凝聚性最大,0.5 $\mu\text{L/L}$ 和冰温对照的果实凝聚性差异不大。可以看出 1-MCP 处理过的果实其果肉组织的完整性在贮藏过程中比较稳定,有利于减缓果实软化。

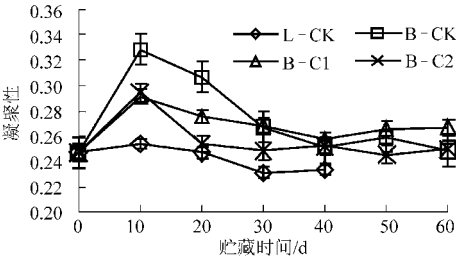


图 4 不同处理葡萄贮藏期间果肉凝聚性的变化
Fig. 4 Changes of grape berry cohesiveness by different treatments and controls during storage

2.2.4 果实贮藏期咀嚼性

咀嚼性模拟的是牙齿将固体样品咀嚼成吞咽稳定状态时所需要的能量,它综合反映了果肉在牙齿咀嚼过程中对外力的持续抵抗作用。如图 5 所示,葡萄果实咀嚼性随贮藏时间的延长呈现先升高后降低的趋势,在贮藏 10 d 时,冰温贮藏的葡萄果实咀嚼性均有所增加,其中冰温对照果实增幅最大,明显高于 1-MCP 处理的葡萄果实,之后随着贮藏时间的增加,所有处理和对照的果实咀嚼性均逐渐下降,冰温对照下降速度较快。而 1 $\mu\text{L/L}$ 处理葡萄的咀嚼性下降相对较慢。冷库对照果实的咀嚼性在贮藏至 50 d 时果实腐烂无法测量。贮藏第 60 天时,1 $\mu\text{L/L}$ 处理的咀嚼性最强,0.5 $\mu\text{L/L}$ 处理次之,冰温对照的咀嚼性弱于 1-MCP 处理的果实。说明 1-MCP 处理可以延缓果实咀嚼性的下降,维持果实的口感。

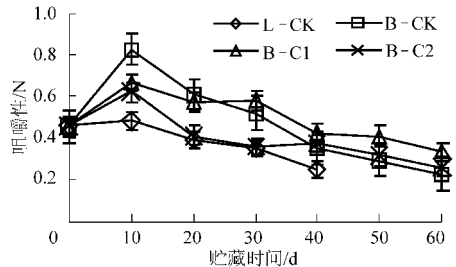


图 5 不同处理葡萄贮藏期间果肉咀嚼性的变化
Fig. 5 Changes of grape berry chewiness by different treatments and controls during storage

2.2.5 果实贮藏期回复性

回复性表示样品在第 1 次压缩过程中回弹的能力。如图 6 所示,所有处理和对照果实的回复性均呈先上升后下降的趋势。贮藏第 10 天时所有果实的回复性均有所增加,其中冰温对照回复性最高,冷库对照的回复性最低;之后随着贮藏时间的延长,果实回复性逐渐下降,其中冰温对照下降速度较快,而两个 1-MCP 处理果实回复性下降较慢。冷库对照的果实贮藏至 50 d 时完全腐烂无法测量,1 $\mu\text{L/L}$ 处理在贮藏第 50 天时略有上升。以上表明在贮藏 50 d 内,1-MCP 处理可以延缓果实回复性的下降,进而维持果实质地,延缓果实软化进程。

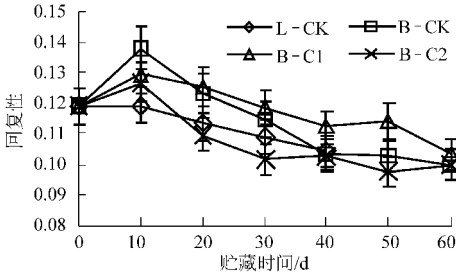


图 6 不同处理葡萄贮藏期间果肉回复性的变化
Fig. 6 Changes of grape berry resilience by different treatments and controls during storage

2.3 贮藏期内果肉硬度与好果率的关系拟合

如图 7 所示,冰温贮藏 10 d 时,所有处理和对照的葡萄均保存良好,好果率保持在较高水平。但随贮期继续延长,在贮藏第 20 天时冷库对照果实开始出现不同程度的腐烂、脱粒现象,好果率也呈现线性下降趋势,而贮藏第 30 天时 1-MCP 处理和冰温对照的果实好果率也开始下降,其中冰温对照下降最快,1 $\mu\text{L/L}$ 处理葡萄下降较慢。冷库对照在贮藏第 50 天时完全腐烂,贮藏 60 d 时 1 $\mu\text{L/L}$ 处理葡萄好果率最高,冰温对照的果实好果率最低。

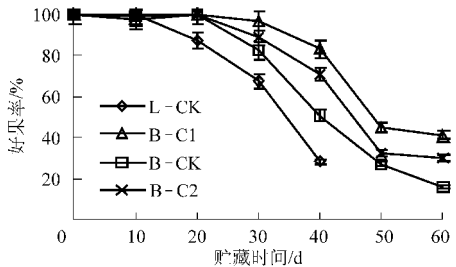


图 7 不同处理葡萄贮藏期间果肉好果率的变化
Fig. 7 Changes of grape berry good fruit rate by different treatments and controls during storage

显然,在整个贮藏期间,所有处理与对照的葡萄好果率随贮期延长均呈现不同程度降低趋势(图 7),而在本贮藏实验条件下,葡萄果肉硬度随贮期延长也均呈现降低趋势(图 2),基于二者此变化

规律,提出一个二元二次方程将葡萄果肉硬度与葡萄好果率进行关联。利用 SPSS 17.0 统计软件对 TPA 测试 3 种膜内所得的葡萄果肉硬度与葡萄好果率进行二次多项式拟合,结果如图 8 所示,拟合回归方程为: $y=0.0005x^2-0.0331x+3.5854$, $R^2=0.8492$ 。因此,通过简单的葡萄好果率测定,通过拟合方程可以间接推知 1-MCP 结合冰温贮藏葡萄果肉的硬度,从而为乍娜葡萄的 1-MCP 结合冰温贮藏期间果肉质地变化提供一种简便的评价依据。

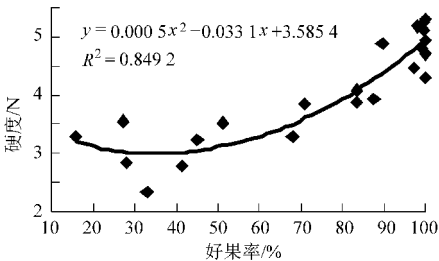


图 8 葡萄贮藏期间果肉硬度与好果率拟合曲线

Fig.8 Changes of good fruit rate of the grape during storage

3 讨论

3.1 果肉各项质地参数与果实软化之间的关系

对众多果蔬而言,采后果实软化是极其普遍的成熟衰老特征。随着贮藏时间的延长,葡萄果实会逐渐软化,硬度下降,同时伴随着各项质地参数的变化。与果蔬其他的质构测试方式相比,TPA 测试模式可以一次提供多个参数,从而从细胞间结合力大小和组织结构等不同角度来反映果实物理性状。有研究表明,杨梅果实贮藏期内,在其果肉迅速软化过程中,其硬度、凝聚性、弹性、咀嚼性和回复性等质构参数都呈显著下降趋势^[15]。研究表明,1-MCP 可以通过抑制西洋梨、翠冠梨和杏果实贮藏过程中多聚半乳糖醛酸酶(PG)和纤维素酶的活性,从而抑制其硬度和脆性的下降^[16-18]。而某些非呼吸跃变型水果如草莓^[19-20]、荔枝^[9]等的果实软化也可以受到 1-MCP 的抑制作用。从上文可以看出,1-MCP 处理结合冰温贮藏延缓了葡萄果实硬度、咀嚼性和回复性的下降,使果实弹性和凝聚性随贮藏期的延长维持较小的变化幅度,并保持较高水平,这与前人研究结论一致,说明 1-MCP 可以抑制葡萄果实的软化,延缓果实质地口感品质的劣变,这可能是由于 1-MCP 处理通过调控果实细胞壁组分和相关水解酶活性,从而增加了细胞间结合力及组织结构的完整性,延缓果实质地参数的下降,进而达到抑制果实软化的目的。

3.2 果肉各项质地参数之间的相关性

TPA 测试可以从曲线上获得硬度、脆度、胶粘性、咀嚼性、弹性、弹性模量、黏着性、回复性和凝聚性等参数。但是用 TPA 质构分析方法对样品分析时,并不是对以上的每个特性参数都要分析,要根据实际需要来进行选定。如本实验结果并未对葡萄果肉脆性、胶着性进行分析,因 TPA 测试过程中葡萄果肉在压缩时没有出现明显的裂痕^[14],故未对果肉脆性参数进行分析;此外胶着性多用于评价半固体样品^[15],而葡萄果肉为固态样品,故未对胶着性参数进行分析。前人的研究结果显示,采后枇杷果肉凝聚性、弹性、咀嚼性和回复性等质构参数可用于评价采后枇杷果实的质地变化^[21]。而脆度、黏着性、凝聚性、回复性、咀嚼性 5 项参数可以用于比较红富士与嘎拉苹果采后质地差别^[22]。从上文来看,乍娜葡萄果肉硬度与回复性呈较好的正相关性,果肉弹性和回复性与其他参数的相关性均表现较好,说明果肉弹性和回复性均可较好地反映果实质地的变化;咀嚼性和凝聚性之间呈现较好的相关性,并且与果实弹性具有良好的相关性,说明果实咀嚼性和凝聚性可以反映果实弹性的变化,进而间接反映果实软化的程度。因此,果肉硬度、弹性、凝聚性、咀嚼性和回复性均可用于更好地评价葡萄果肉质地。

4 结论

- (1) 1-MCP 处理结合冰温贮藏延缓了葡萄果实硬度、咀嚼性和回复性的下降,使果实弹性和凝聚性随贮藏期的延长维持较小的变化幅度,并保持较高水平,说明 1-MCP 可以抑制葡萄果实的软化,延缓果实质地口感品质的劣变。
- (2) 1-MCP 处理结合冰温贮藏可以延缓葡萄贮藏期间好果率的下降,其中 1 μL/L 处理作用最强,葡萄好果率与贮藏时间在一定范围内呈良好线性关系,并提出一个经验公式将好果率与果肉硬度进行关联,拟合回归方程为 $y=0.0005x^2-0.0331x+3.5854$ (y 为 TPA 测试所得葡萄果肉硬度, x 为葡萄好果率), $R^2=0.8492$ 。
- (3) 乍娜葡萄果肉硬度与回复性呈较好的正相关性,果肉弹性与果肉回复性、咀嚼性、凝聚性均呈现极显著的正相关性,果肉咀嚼性与凝聚性、回复性之间均呈现较好的相关性,因此评价葡萄果肉的质地可以根据实验条件采用果肉硬度、弹性、凝聚性、咀嚼性和回复性中的一项或几项指标。

参 考 文 献

1 刘亚平,李红波. 物性分析仪及 TPA 在果蔬质构测试中的应用综述[J]. 山西农业大学学报:自然科学版, 2010,

30(2):188~192.

Liu Yaping, Li Hongbo. Review on the application of texture analyzer and TPA in the assessment for fruits and vegetables texture [J]. Journal of Shanxi Agric. Univ.: Natural Science Edition, 2010, 30(2): 188~192. (in Chinese)

- 2 Olivas G I, Mattinson D S, Barbosa-Cánovas G V. Alginate coatings for preservation of minimally processed ‘Gala’ apples [J]. Postharvest Biology and Technology, 2007, 45(1):89~96.
- 3 Ludvine B, Emira M, Royer G, et al. Relationship between texture and pectin composition of two apple cultivars during storage [J]. Postharvest Biology and Technology, 2008, 47(3):315~324.
- 4 Zhou R, Mo Y, Li Y, et al. Quality and internal characteristics of Huanghua pears (*Pyrus pyrifolia* Nakai, cv. Huanghua) treated with different kinds of coatings during storage [J]. Postharvest Biology and Technology, 2008, 49(1):171~179.
- 5 余恺, 胡卓炎, 余小林, 等. 荔枝果肉质特性测定参数的研究[J]. 中国食品学报, 2006, 6(1): 101~105.
Yu Kai, Hu Zhuoyan, Yu Xiaolin, et al. Effects of testing parameters on texture measurement of litchi fruit [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2006, 6(1): 101~105. (in Chinese)
- 6 Zhang W, Li X, Wang X, et al. Ethanol vapor treatment alleviates postharvest decay and maintains fruit quality in Chinese bayberry [J]. Postharvest Biology and Technology, 2007, 46(2): 195~198.
- 7 Luo Zisheng, Jing Xiea, Tingqiao Xua, et al. Delay ripening of ‘Qingnai’ plum (*Prunus salicina* Lindl.) with 1-methylcyclopropene [J]. Plant Science, 2009, 177(6): 705~709.
- 8 李志强, 汪良驹, 巩文红, 等. 1-MCP 对草莓果实采后生理及品质的影响[J]. 果树学报, 2006, 23(1): 125~128.
Li Zhiqiang, Wang Liangju, Gong Wenhong, et al. Effect of 1-MCP on senescence and quality of strawberry fruit [J]. Journal of Fruit Science, 2006, 23(1): 125~128. (in Chinese)
- 9 Karen De Reuck, Dharini Sivakumar, Lise Korsten. Integrated application of 1-methylcyclopropene and modified atmosphere packaging to improve quality retention of litchi cultivars during storage [J]. Postharvest Biol. Tec., 2009, 52(1): 71~77.
- 10 Dharini Sivakumar, Lise Korsten. Fruit quality and physiological responses of litchi cultivar McLean’s Red to 1-methylcyclopropene pre-treatment and controlled atmosphere storage conditions [J]. Food Science and Technology, 2010, 43(6): 942~948.
- 11 Pietro Rocculi, Emiliano Cocci, Santina Romani, et al. Effect of 1-MCP treatment and N₂O MAP on physiological and quality changes of fresh-cut pineapple [J]. Postharvest Biology and Technology, 2009, 51(3): 371~377.
- 12 刘尊英, 曾名勇, 董士远, 等. 1-甲基环丙烯对甜樱桃果实褐变的影响[J]. 果树学报, 2005, 22(5): 488~491.
Liu Zunying, Zeng Mingyong, Dong Shiyuan, et al. Effect of 1-methylcyclopropene on fruit browning of sweet cherry [J]. Journal of Fruit Science, 2005, 22(5): 488~491. (in Chinese)
- 13 刘志鸣, 王金庆, 王建民. 日本冰温技术发展史略[J]. 制冷与空调, 2005(3): 70~74.
- 14 孙希生, 王文辉, 王志华, 等. 1-MCP 对苹果采后生理的影响[J]. 果树学报, 2003, 20(1): 12~17.
- 15 Yang Z F, Zheng Y H, Cao S F, et al. Effects of storage temperature on textural properties of Chinese bayberry fruit [J]. Journal of Texture Studies, 2007, 38(1): 166~177.
- 16 李梅, 王贵禧, 梁丽松, 等. 1-甲基环丙烯处理对西洋梨常温贮藏的保鲜效果[J]. 农业工程学报, 2009, 25(12): 345~350.
- 17 郭香凤, 梁华, 赵胜娟, 等. 1-MCP 对杏果实采后贮藏品质的影响[J]. 农业机械学报, 2006, 37(8): 107~110.
Guo Xiangfeng, Liang Hua, Zhao Shengjuan, et al. Effects of 1-MCP on post-harvest storage quality of Katy Apricot fruits [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006, 37(8): 107~110. (in Chinese)
- 18 程春梅, 郑永华, 郜海燕, 等. 翠冠梨冷藏后用 1-MCP 处理对货架品质的影响[J]. 农业机械学报, 2007, 38(12): 100~104.
- 19 Jiang Yueming, Daryl C Joyce, Leon A Terry. 1-Methylcyclopropene treatment affects strawberry fruit decay [J]. Postharvest Biology and Technology, 2001, 23(3): 227~232.
- 20 郑铁松, 李雪枝. 草莓 1-MCP 保鲜过程中质构性能的研究[J]. 食品科学, 2006, 27(11): 41~44.
- 21 宋肖琴, 张波, 徐昌杰, 等. 采后枇杷果实的质构变化研究[J]. 果树学报, 2010, 27(3): 379~384.
Song Xiaoqin, Zhang Bo, Xu Changjie, et al. Texture profile analysis of postharvest loquat fruit [J]. Food Science, 2010, 27(3): 379~384. (in Chinese)
- 22 潘秀娟, 屠康. 质构仪质地多面分析(TPA)方法对苹果采后质地变化的检测[J]. 农业工程学报, 2005, 21(3): 166~170.
- 23 邵毅, 罗云波, 陈安均, 等. 1-MCP 处理和贮藏温度对黑宝石李果肉褐变的影响[J]. 农业机械学报, 2010, 41(3): 128~133.
Shao Yi, Luo Yunbo, Chen Anjun, et al. Effect of 1-MCP treatment and storage temperature on pulp browning of friar plum (*Prunus salicina* lindell. cv. friar) [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(3): 128~133. (in Chinese)