

文章编号: 1673 1689(2011)03-0353-06

葡萄贮藏期间果肉质度参数变化规律的 TPA 表征

张昆明¹, 张平^{* 2}, 李志文², 任朝辉², 农绍庄¹

(1. 大连工业大学 食品与生物工程学院, 辽宁 大连 116034; 2. 国家农产品保鲜工程技术研究中心, 天津市农产品采后生理与贮藏保鲜重点实验室, 天津 300384)

摘要: 采用 3 种常用保鲜膜对巨峰葡萄进行气调包装, 放于 $-0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的冰温保鲜库中贮藏, 分别在 0、5、10、15、20、25、30 d 利用质构仪质地多面分析(TPA)法测定葡萄果肉, 得到葡萄贮藏期间果肉质度参数变化规律。结果表明: TPA 测试反映了 3 种保鲜膜内的葡萄果肉各项质地参数变化规律总体均呈现下降趋势; 果肉硬度与黏着性、咀嚼性呈较好的正相关性, 而与凝聚性呈负相关; 果肉咀嚼性与硬度、黏着性、弹性呈较好的正相关性; 果肉弹性与凝聚性、咀嚼性、回复性呈较好的正相关性, 而回复性与弹性、凝聚性以外的质地参数相关性较差; 葡萄好果率与贮藏时间在一定范围内呈良好线性关系, 提出一个经验公式将好果率与果肉硬度进行关联。

关键词: 质构仪; 质地多面分析; 冰温; 气调包装

中图分类号: S 37

文献标识码: A

Study on the Variation of Grape Berry Texture Properties During Storage by Texture Profile Analysis

ZHANG Kunming¹, ZHANG Ping^{* 2}, LI Zhiwen²,
REN Zhao hui², NONG Shao-zhuang¹

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

Abstract: The Kyoho grape packed in three common preservation films was stored at controlled freezing point $-0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$. The time course of grape berry texture properties during storage was detected by using texture profile analysis at 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 days intervals. It was found that: 1) the trend of all the texture parameters of the grape berry in three common preservation films decreased; 2) The hardness of grape berry had good positive correlations with adhesiveness and chewiness, but exhibited negative correlation with cohesiveness; 3) Chewiness of grape berry had good positive correlations with hardness, adhesiveness, springiness and springiness of grape berry also had good positive correlations with cohesiveness, chewiness, resilience; (4) Resilience had bad correlations with other texture parameters excluding springiness and cohesiveness; (5)

收稿日期: 2010-05-16

基金项目: 国家葡萄产业技术体系建设项目(nycytx 30 chr 02); 农业部公益性行业(农业)科研专项经费项目(nyhyzx07 027)。

* 通信作者: 张平(1958-), 男, 山西大同人, 工学博士, 研究员, 主要从事果蔬采后生理与物流保鲜研究。

Email: zhp0352@163.com

good fruit rate linearly decreased with the storage time. Based on the above results, good fruit rate could be used to construct regression model to predict the hardness of Kyoho grape berry. Then a simple evaluation method could be provided for Kyoho grape berry during storage by using the regression model.

Key words: texture analyzer, texture profile analysis, controlled freezing point, modified atmosphere package

葡萄果肉质鲜嫩多汁,营养丰富,但贮藏期间的葡萄果肉组织随贮藏期延长逐渐出现软化,严重时影响食用品质^[1]。果实质地属性是源于果实结构的一组物理特性,此特性与果实的形变、曲解和在力的作用下流动有关。目前,感官评价常用于检验果实质地变化状况,但评价过程一般仅通过人的视觉、味觉及触觉等感觉进行,结果不稳定。质构仪质地多面分析法(Texture profile analysis, TPA)是近年来发展起来的一种新型仪器测试方法,其原理是模拟人口腔的咀嚼运动,对样品进行两次压缩的力学过程,测试与微机相连,通过界面输出质地测试结果曲线,从而可以分析样品的相关质地参数^[2-3]。由于TPA测试结果更为客观,国外已将其广泛应用于食品质地评价领域,如奶酪^[4]、香肠^[5]、面包^[6]、果实(苹果、桃、橄榄等)^[7-9]、土豆^[7]、番茄^[10]等,但国内这方面的研究开展较少^[11],尤其关于葡萄采后贮藏期间果肉质变化方面的研究更是鲜有报道。冰温技术(Controlled freezing point)能够有效维持细胞活体状态,气调包装(Modified atmosphere package)能够调节贮藏环境中的气体浓度,二者的结合是果蔬常用贮藏保鲜方式之一。本试验拟通过质构TPA测试法,对巨峰葡萄冰温结合3种常用保鲜膜气调包装贮藏期间的果肉质参数变化规律进行研究,旨在揭示葡萄冰温气调包装贮藏期间的果肉质变化状况,并提出一个二元三次方程将葡萄好果率与果肉硬度进行关联,为葡萄冰温气调包装贮藏期间的果肉质变化提供一种简便的评价依据,同时也为其他果蔬的质地检测提供参考。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

巨峰葡萄:于2009年9月22日采自辽宁省营口市九垄地乡正红旗村,采收后装入周围铺有报纸的塑料框内,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。

保鲜膜:PVC-1膜(厚度0.05 mm)、PVC-2膜

(厚度0.03 mm)和PE膜(厚度0.03 mm)。

1.2 试验设备

TA.XT.Plus物性测试仪:英国Stable Micro System公司产品;BW-120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产品。

1.3 试材处理

从采收后的巨峰葡萄中选取无病害、无霉变、无机械损伤的果实于0℃普通冷库中进行预冷处理24 h后,称取葡萄2.5 kg整齐放入自行设计包装箱中,同时将包装箱装入PVC-1膜、PVC-2膜及PE膜(国家农产品保鲜工程技术研究中心提供)中,利用封口胶将膜与包装箱的四周紧密贴紧并及时封口,最后将其放入BW-120℃冰温保鲜库温度为-0.3(±0.3)℃中进行贮藏。每种保鲜膜包装处理设6个重复,每5 d取箱内的葡萄果实进行质地参数检测。

1.4 果实质地分析

将巨峰葡萄小心去皮(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1 mm/s,测试速度1 mm/s,测后上行速度1 mm/s,葡萄果肉受压变形30%,两次压缩停顿时间为5 s,触发力为5 g。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。每种保鲜膜处理重复20次测试,结果取平均值。葡萄果肉TPA典型质地特征曲线如图1所示。

其中TPA参数定义为:硬度(Hardness):以双峰曲线中的第一个峰的最大值 F_1 表示硬度,单位为牛顿(N);弹性(Springiness):指与第二次压缩达峰值时所经历的时间 ΔT ($\Delta T = T_3 - T_2$)成正比,与第一次压缩达峰值时所经历的时间 T_1 成反比,即:弹性= $(T_3 - T_2)/T_1$;凝聚性(Cohesiveness):指第二次压缩所得的峰面积 A_2 与第一次压缩所得的峰面积 A_1 之比,即:凝聚性= A_2/A_1 ;咀嚼性

(Chewiness): 为硬度、凝聚性和弹性三者乘积, 即: 咀嚼性= 硬度(N) × 弹性 × 凝聚性, 单位为牛顿(N)。回复性(Resilience): 指曲线中面积 A_4 与面

积 A_5 之比, 即: 回复性= A_4/A_5 ; 黏着性(Adhesiveness): 指第一次压缩曲线达到零点到第二次压缩曲线开始之间曲线的负面积 A_3 。

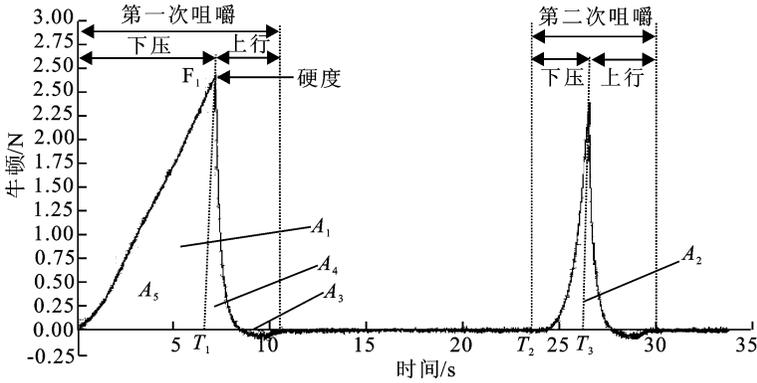


图1 葡萄果肉 TPA 典型质地特征曲线

Fig 1 Typical TPA curve of texture character of grape berry

1.5 好果率测定

采用称重法测定葡萄贮藏期间果实的好果率。即贮藏前先称出包装箱中所装载的葡萄质量 m_0 , 然后在每 5 d 取出葡萄果实用于 TPA 测试, 挑选出贮藏期间葡萄出现的腐烂果粒、脱粒果粒, 并将葡萄腐烂与脱粒果粒合并称重, 记为质量 m_1 , 葡萄好果率按如下公式计算: 好果率= $(m_0 - m_1)/m_0$ 。

1.6 数据处理

实验分析中所有图表的绘制采用 Excel 进行处理, 利用 SPSS17.0 统计软件对试验数据进行皮尔逊相关分析(Pearson correlation analysis)和曲线拟合(Curve estimation)分析。

2 结果与分析

2.1 葡萄果肉 TPA 测试相关性分析

葡萄果肉 TPA 测试的相关性分析结果如表 1 所示。在本贮藏试验条件下, 巨峰葡萄果肉硬度与咀嚼性呈较好的正相关性($R=0.903$), 这说明葡萄果肉硬度越大, 果肉的咀嚼性越强, 二者体现的是人体口腔对果肉的触觉感受, 均能反映果实的致密度及坚实度, 此外, 果肉硬度与凝聚性呈负相关, 而与黏着性呈正相关。果肉弹性与凝聚性、咀嚼性、回复性呈较好的正相关性, 其弹性与回复性的相关程度更高($R=0.822$), 这说明葡萄果肉弹性越好, 果肉的回复性越强, 果肉凝聚性和咀嚼性也越高; 而回复性与弹性、凝聚性的相关性较好, 但与其参数相关性较差。显然, 在与其他参数相关性方面, 果肉弹性要优于回复性, 即弹性比回复性更能反映

葡萄果肉质属性, 因此, 后面二者的研究只讨论果肉弹性的变化。果肉咀嚼性与硬度、黏着性、弹性呈较好的正相关性($R=0.613\sim 0.903$), 这说明葡萄果肉咀嚼性越强, 则果肉硬度越大, 弹性越好, 黏着性也越强。综合分析, 果肉硬度、弹性、咀嚼性和凝聚性均能很好反映果肉的质地变化, 因此, 下面主要讨论这 4 种质地参数的变化。

表 1 葡萄果肉各项质地参数间的相关性

Tab.1 Correlation of texture parameters of grape berry by TPA test

因素	硬度	黏着性	弹性	凝聚性	咀嚼性	回复性
	<i>R</i>					
硬度	1					
黏着性	0.625*	1				
弹性	0.501	0.240	1			
凝聚性	-0.189	0.051	0.769**	1		
咀嚼性	0.903**	0.651*	0.613*	0.336	1	
回复性	0.138	0.324	0.822**	0.951**	0.473	1

注: * 表示显著性水平为 0.05; ** 表示显著性水平为 0.01。

2.2 葡萄贮藏期间果肉 TPA 测试变化规律

2.2.1 果肉硬度变化规律 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。如图 2 所示, 在整个冰温贮藏期间, TPA 测试反映了 3 种常用保鲜膜内的葡萄果肉硬度均随贮藏期的延长呈现降低趋势, 且 3 种膜内的葡萄果肉硬度有着相似的下降低变化规律。这在一定程度上说明了在保鲜膜存在差异的条件下, TPA 测试仍能够很好

反映葡萄贮藏期间果肉硬度变化规律,该测试结果与郇延军等利用 instron 质构测试仪对冰温高温保鲜的巨峰葡萄进行穿刺试验所得的结果相类似^[12]。贮藏前期,3种保鲜膜内的葡萄果肉硬度下降速度较为明显。贮藏5 d时,葡萄果肉硬度分别由贮前的5.3 N下降为4.6、4.3和4.1 N,然后随贮期延长开始缓慢下降,直至贮藏10 d后,果肉硬度才开始出现较大幅度的下降趋势。贮藏15 d时,3种膜内的果肉硬度分别由贮前的5.3 N下降为3.7、3.2和3.1 N,然后果肉硬度开始随贮期延长呈现平缓的下降趋势。贮藏30 d时,3种膜内的果肉硬度分别下降为3.2、2.8和3.0 N。

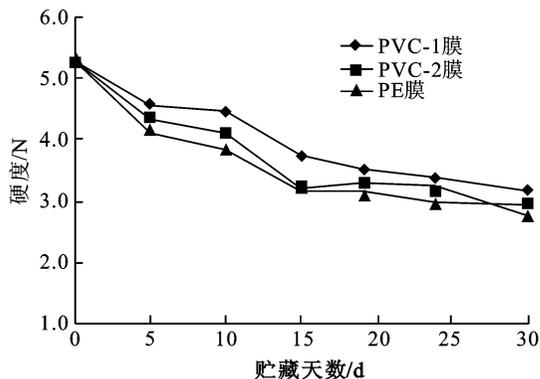


图2 葡萄贮藏期间果肉硬度变化规律

Fig. 2 Changes of hardness of the grape berry during storage

2.2.2 果肉弹性变化规律 弹性反映的是葡萄果肉经第一次压缩变形后,在去除变形力的条件下所能恢复的程度。如图3所示,在整个冰温贮藏期间,3种常用保鲜膜内的葡萄果肉弹性有着相似的变化规律,3种膜内的葡萄果肉弹性随贮期延长总体均呈现降低趋势。贮藏前期,3种保鲜膜内的葡萄果肉弹性下降速度较快,其中以PE膜内的果肉弹性下降最为明显。贮藏10 d时,3种膜内的果肉弹性均明显下降至极值,然后各膜内的果肉弹性开始以较小的幅度上升,其中PVC-2膜上升时间最短,贮藏15 d后又开始出现缓慢的下降趋势,PE膜次之,贮藏20 d后也出现缓慢下降趋势,而PVC-1膜上升时间最长,但上升幅度不大,并与贮藏25 d后又开始呈现缓慢下降趋势。这一变化差异说明TPA测试能很好地表征不同保鲜膜内葡萄果肉弹性的变化规律,同时也反映出冰温结合气调包装能够有效缓解葡萄贮藏期间果肉弹性下降。

2.2.3 果肉凝聚性变化规律 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,在整个

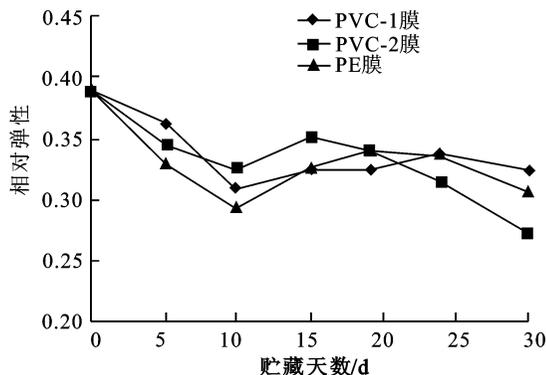


图3 葡萄贮藏期间果肉弹性变化规律

Fig. 3 Changes of springiness of the grape berry during storage

冰温贮藏期间,3种常用保鲜膜内的葡萄果肉凝聚性随贮期延长总体均呈现下降趋势,且各保鲜膜内的葡萄果肉凝聚性有着相似的下降规律。贮藏10 d时,3种保鲜膜内的果肉凝聚性呈迅速降低趋势并降至最低值,随后均缓慢上升,其中PVC-2膜中果肉凝聚性上升的速度较快,并于贮藏15 d后随贮期延长果肉的凝聚性变化幅度不大,而PVC-1膜、PE膜二者中果肉凝聚性上升的速度相对缓慢,贮藏20 d后果肉凝聚性随贮期延长又开始出现缓慢的下降趋势。这一变化差异说明冰温下不同保鲜膜对果肉内部结合力存在一定的影响,同时也说明TPA测试能很好地反映出该贮藏条件下葡萄果肉凝聚性变化规律。

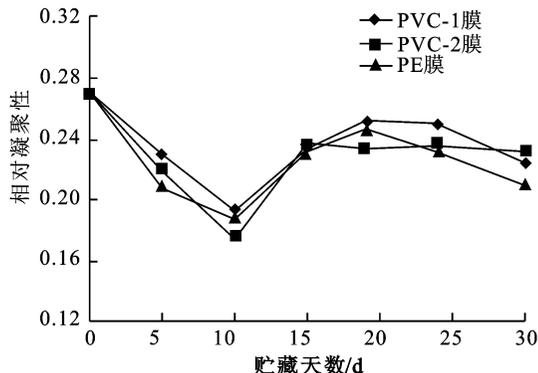


图4 葡萄贮藏期间果肉凝聚性变化规律

Fig. 4 Changes of cohesiveness of the grape berry during storage

2.2.4 果肉咀嚼性变化规律 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,其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,在整个冰温贮藏期间,3种常用保鲜膜内的葡萄果肉咀嚼性随贮期的延长总体均呈降低趋势,且在贮藏前期下降趋势更为明显。这一变化原因可能与葡萄果肉质本身绵软、果肉细胞大小不均匀及果肉含水量高有关。

贮藏 15 d 时, 3 种保鲜膜内的葡萄果肉咀嚼性迅速降低至极值, 分别由贮前的 0.56 N 分别降至 0.28、0.25 和 0.22 N, 然后随贮期延长呈平缓的降低趋势, 但下降幅度均不大。这一变化说明了冰温气调包装在葡萄贮藏中后期对果肉的咀嚼性保持较好, 同时也充分体现了 TPA 测试模拟牙齿咀嚼葡萄果肉所需作用力大小的变化情况。贮藏 30 d 时, 3 种膜内的葡萄果肉咀嚼性与贮前相比下降幅度较大, 分别由贮前的 0.56 下降至 0.31、0.22 和 0.24 N。

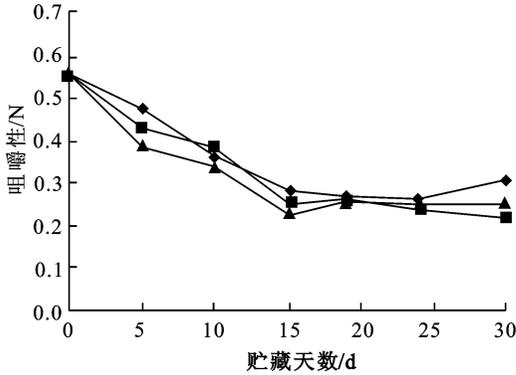


图5 葡萄贮藏期间果肉咀嚼性变化规律

Fig. 5 Changes of chewiness of the grape berry during storage

2.3 葡萄贮藏期间果肉硬度与好果率的关系拟合

葡萄在贮藏过程中, 随贮期延长果粒容易发生长霉现象, 引起灰霉病的发生, 从而使葡萄浆果出现腐烂、脱粒现象, 造成葡萄品质下降^[13]。如图 6 所示, 冰温贮藏 10 d 时, 3 种膜内的葡萄均保持良好, 无腐烂、脱粒现象的发生, 好果率均为 100%。但随贮期继续延长, 3 种膜内的葡萄开始出现不同程度的腐烂、脱粒现象, 好果率也呈现线性降低趋势, 其中以 PE 膜中的葡萄好果率下降较为迅速, 其次 PVC-2 膜, PVC-1 膜中的葡萄好果率下降最慢。贮藏 30 d 时, 3 种膜内的葡萄好果率分别为 94.1%、92.3% 和 90.3%。

显然, 在整个冰温贮藏期间, 3 种膜内的葡萄好果率随贮期延长均呈现不同程度的降低趋势(见图 6), 而在本贮藏试验条件下, 3 种常用保鲜膜内的葡萄果肉硬度随贮期延长也均呈现降低趋势(见图 2), 基于二者此变化规律, 提出一个二元三次方程将葡萄果肉硬度与葡萄好果率进行关联。利用 SPSS17.0 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 7 所示, 这也在一定程度上反映了葡萄果肉硬度可以作为评价葡萄贮藏状况的依据。拟合回归方程为: $Y = 0.036X^3 - 1.0186X^2 + 95.175X - 2.9624$ (Y 为 TPA 测试所得葡萄果肉硬度, X 为葡

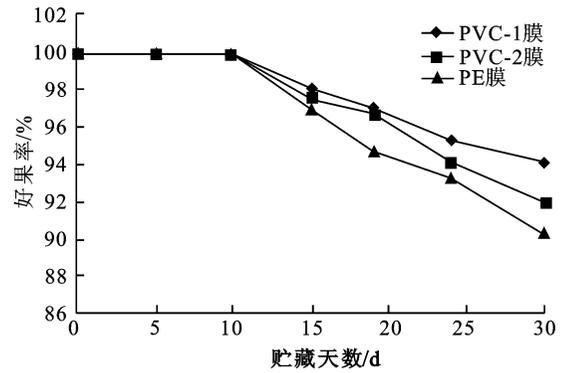


图6 葡萄贮藏期间好果率变化规律

Fig. 6 Changes of good fruit rate of the grape during storage

萄好果率), $R^2 = 0.8327$ 。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葡萄冰温气调包装贮藏期间果肉的硬度, 从而为巨峰葡萄冰温气调包装贮藏期间果肉质变化提供一种简便的评价依据。

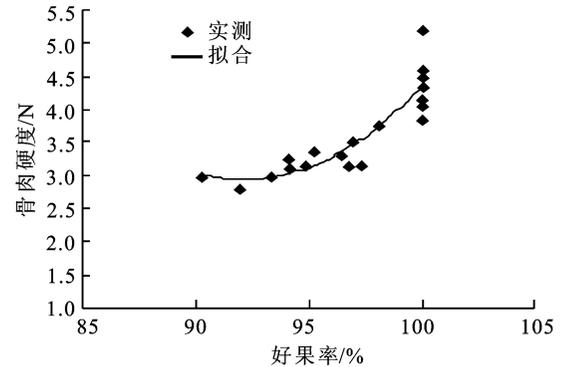


图7 葡萄果肉硬度与葡萄好果率拟合曲线

Fig. 7 Regression curve of hardness and good fruit rate of the grape berry

3 讨论与结语

质地是果实贮藏保鲜的重要品质指标之一, 也是用于表征果实成熟度和耐贮性的重要依据。葡萄果实随贮藏时间延长其果肉质会不断发生变化, 而质构仪质地多面分析(TPA)法模拟人体牙齿对葡萄果肉进行两次压缩, 从而得到的各项质地参数从不同的方面反映了葡萄贮藏期间果肉质变化状况。TPA 测试所得到的各项质地参数很难通过感官评价对其进行客观描述, 且感官评价过程往往凭借经验进行, 受主观影响程度较大, 而仪器测试参数结果具有客观性。但须注意的是, 利用质构仪对果实进行 TPA 测试时, 应根据该果实本身的质地属性进行预实验, 从而选定合适的 TPA 测定参数。此外, 对 TPA 测试所得的各项质地参数, 并不是每项质地参数都要进行分析, 而应根据果实的

自身属性进行选择,如本试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。本试验条件下,葡萄果实好果率随贮藏期延长在一定范围内呈现线性降低趋势,而葡萄果肉硬度随贮藏期延长也呈现降低趋势,故将葡萄果实好果率与果肉硬度进行关联。

综上所述,在整个冰温贮藏期间,TPA测试反映了3种保鲜膜内的葡萄果肉各项质地参数变化

规律总体均呈现下降趋势;果肉硬度与黏着性、咀嚼性呈较好的正相关性,而与凝聚性呈负相关;果肉咀嚼性与硬度、黏着性、弹性呈较好的正相关性;果肉弹性与凝聚性、咀嚼性、回复性呈较好的正相关性,而回复性与弹性、凝聚性以外的质地参数相关性较差;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。从而利用好果率与果肉硬度的相关性,为葡萄冰温气调包装贮藏期间的果肉质地变化提供一种简便的评价依据。

参考文献(References):

- [1] 秦丹, 石雪晖, 胡亚平, 等. 葡萄采后贮藏保鲜研究进展[J]. 保鲜与加工, 2006, 6(1): 9- 11.
Qin Dan, Shi Xuehui, Hu Yaping, et al. Advances of research on postharvest storage of grape[J]. *Storage and Process*, 2006, 6(1): 9- 11. (in Chinese)
- [2] Gunness P, Kravchuk, O, Nottingham S, et al. Sensory analysis of individual strawberry fruit and comparison with instrumental analysis[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2009, 52: 164- 172.
- [3] 李里特. 食品物性学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 96- 100.
- [4] Tudoreanu L, Dumitrean L. Texture profile analysis of some romanian pasta filata cheese varieties[J]. *Bulletin UASVM Agriculture*, 2009, 66(2): 512- 517.
- [5] Herrero A M, Ordonez J A, Herranz B, et al. Tensile properties of cooked meat sausages and their correlation with texture profile analysis (TPA) parameters and physicochemical characteristics[J]. *Meat Science*, 2008, 80(3): 690- 696.
- [6] Kadan R S, Robinson M G, Thibodeaux D P, et al. Texture and other physicochemical properties of whole rice bread[J]. *Journal of Food Science*, 2001, 66(7): 940- 944.
- [7] Zdunek A, Bednarczyk J. Effect of mannitol treatment on ultrasound emission during texture profile analysis of potato and apple tissue[J]. *Journal of Texture Studies*, 2006, 37(3): 339- 359.
- [8] Golias J, Bejcek L, Gratz P, et al. Mechanical resonance method for evaluation of peach fruit firmness[J]. *Hortscience*, 2003, 30(1): 1- 6.
- [9] Meullenet J F, Lyon B G, Carpenter J A, et al. Relationship between sensory and instrumental texture profile attributes [J]. *Journal of Sensory Studies*, 1998, 13: 77- 93.
- [10] Lee S Y, Luna Guzman I, Chang S, et al. Relating descriptive analysis and instrumental texture data of processed diced tomatoes[J]. *Food Quality and Preference*, 1999, 10: 447- 455.
- [11] Yang Z, Zheng Y, Cao S, et al. Effects of storage temperature on textural properties of Chinese babyberry fruit[J]. *Journal of Texture Studies*, 2006, 38(1): 166- 177.
- [12] 郇延军, 陶谦, 王海鸥, 等. 巨峰葡萄的冰温高湿保鲜及出库[J]. 无锡轻工大学学报, 2000, 19(1): 26- 29.
Xun Yanyun, Tao Qian, Wang Haiou, et al. The ice temperature high humidity preservation and out store test of Kyoho grape[J]. *Journal of Wuxi University of Light Industry*, 2000, 19(1): 26- 29. (in Chinese)
- [13] 于天颖, 刘坤. 葡萄贮藏期病害及保鲜技术研究进展[J]. 北方果树, 2005, (3): 1- 3.
Yu Tianying, Liu Kun. Advances of research on disease damage and preservation technique of grape during storage[J]. *Northern Fruits*, 2005, (3): 1- 3. (in Chinese)
- [14] 姜松, 王海鸥. TPA质构分析及测试条件对苹果TPA质构分析的影响[J]. 食品科学, 2004, 25(12): 68- 71.
Jiang Song, Wang Haiou. TPA and effect of experimental conditions on TPA test of apple slices[J]. *Food Science*, 2004, 25(12): 68- 71. (in Chinese)
- [15] 吴洪华, 姜松. 食品质地及其TPA测试[J]. 食品研究与开发, 2005, 26(5): 128- 131.
Wu Honghua, Jiang Song. Food texture and TPA test[J]. *Food Research and Development*, 2005, 26(5): 128- 131. (in Chinese)