贮运环境对葡萄品质的影响

李琛[1,2]，刘颖[1]，翁桢[1]，陈艳娜[1]
（1. 东北林业大学工程技术学院，黑龙江哈尔滨 1500402）
（2. 黑龙江省森林持续经营与微生物工程重点实验室东北林业大学，黑龙江哈尔滨 150040）

摘要：本文介绍了流通环境与葡萄品质的关系，测量在不同温湿度及运输条件下，葡萄品质的变化规律，包括重量损失率、含糖量变化、硬度变化、维生素 C 含量变化等。实验得出温度是影响葡萄品质的重要因素，0 ℃条件下，储存 10 d，葡萄重量损失率为 3.85%、硬度损失率为 6.67%，而后品质变化趋于稳定；20 ℃条件下，储存 6 d 重量损失率为 5.03%、硬度损失率为 32.17%，而后品质急剧下降，储存 9 d 时，葡萄严重腐烂。可以得出，冷藏可以大大降低葡萄的呼吸速率，降低新陈代谢速度，低温高湿条件是适合葡萄储藏的条件。运输过程中的振动是引起葡萄损伤的主要原因之一，堆码条件下上层葡萄受到的损害大于下层。因此，为了减小葡萄在贮运过程中受到的损伤，需要对其进行适当的包装保护以保证运输安全。本文为了解葡萄的损伤机理和设计减损包装提供参考依据。

关键词：贮运；环境；葡萄；包装
文章篇号：1673-9078(2013)2-230-235

The Influence of Storage and Transport Environment on Grape Quality

LI Chen[1,2], LIU Ying[1], WENG Zhen[1], CHEN Yan-na[1]
(1.College of Engineering and Technology, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)
(2.Key Laboratory of Forest Sustainable Management and Micro-bioengineering in Heilongjiang Province, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

Abstract: This paper describes the relationship between the circulation environment and grape quality to understand the changes of grape quality under different temperature and humidity and transport condition. The measurement parameters include weight loss rate, sugar content, hardness and Vitamin C content and so on. The experiments showed that the temperature had important effects on grape quality, the weight loss rate of the grapes was 3.85 percent and the hardness loss rate was 6.67 percent to storage for ten days at zero degrees centigrade, and then the changes of grape quality tended to be stable. However the weight loss rate was 5.03 percent and the hardness loss rate was 32.17 percent to storage for only six days at twenty degrees centigrade, after that the grape quality was sharply reduced, and the grapes had been rotten. It can be conclude that low temperature can greatly reduce the grape respiratory rate and metabolic rate, and low temperature and high humidity was suitable for grapes to storage. The vibration was one of the main causes of grape damage during transport, the grapes on higher layers get more damage than below layers. In order to prevent the grape damage in the process of transport and storage, the appropriate derogation packaging was necessary, which can reduce the damage and ensure the safety of the grape. This paper provided the reference for understanding the damage mechanism of grape and designing derogation packaging.

Key words: storage and transport; environment; grape; packaging

葡萄的生产地分布广泛，现在人们对鲜食葡萄的需求量越来越大。葡萄柔软多汁、易受病菌浸染而腐烂变质，给鲜食葡萄的贮藏运输、延长销售时间等带来困难。我国地域辽阔，自然条件复杂，运输过程中气候条件难以预料，环境的温度、湿度和空气成分，以及道路交通情况与运输工具产生振动和冲击情况，都对葡萄的运输效果产生影响。葡萄水分含量多，采后生理活动旺盛，易萎蔫、落粒、易开裂、易腐烂，根据葡萄生理特性，加强运输包装的保护，才能达到理想的运输效果保证经济效益[1]。

收稿日期：2012-10-10
基金项目：黑龙江省教育厅科学技术研究项目（12513021）；东北林业大学国家级大学生创新训练项目（1110225041）
作者简介：李琛(1979-)，女，讲师，博士研究生，主要从事果蔬运输包装及包装结构优化设计

1 葡萄的运输过程及包装形式分析

葡萄一般采收于每年的 9~10 月份，然后入窖贮藏，贮藏温度在-1 ℃~1 ℃，不同的品种耐储性有显著差别，通常储存时间为 3~7 个月，北方常见的巨峰葡

萄为比较耐贮运的品种。目前，哈尔滨市场的葡萄主要由大庆、辽宁、河北等地提供，以汽车公路运输为主，运输时间为 2 h~2 d，较长时间的运输采用冷库运输车，气调运输车较为少见，并且要求车速要慢且平稳，时速 20~30 km/h。市场上常见的葡萄包装形式为外层用纸箱、木箱、塑料箱、竹筐、聚苯乙烯泡沫箱等；内包装为塑料薄膜，材料包括：低密度聚乙烯、高密度聚乙烯，无毒聚氯乙烯等，内装保鲜剂。包装箱一般采用净重为 5 kg 以下的小包装箱，使用内包装袋，一方面可降低葡萄水分损耗，阻止病菌感染；另一方面袋内可形成高 CO_2 低 O_2 的气体环境，从而有效减缓葡萄呼吸和乙烯气体的产生[2~3]。

在运输过程中温度、湿度、机械损伤及葡萄的呼吸作用是引起葡萄损伤的主要因素。温度对葡萄的呼吸作用和水分的保持有很大影响，低温能够使葡萄的水分挥发和呼吸作用趋于缓慢，保证正常的生理代谢，同时能够降低乙烯的生成和释放量，维持 SOD 酶的活性，抑制微生物的滋生，避免褐变和腐烂[4]。湿度决定了葡萄的含水量，失水 3%~6%就会明显降低葡萄的品质，使其表面皱缩、光泽消退、细胞空隙增多、组织变成海绵状，使正常的呼吸作用受到影响，加快组织的衰老[5]。葡萄的机械损伤主要是由动载引起的碰撞损伤和低应力疲劳损伤，在运输过程中，由于车辆动力机械的振动和各种路况所引起的随机振动使包装件内的葡萄受到振动、摩擦、冲击等多种载荷作用形式，从而引起果品组织伤害，导致其品质下降[6]。

由上述分析可见，在运输过程中，一些影响葡萄品质的因素是不可避免的，采用合理的运输包装能够降低损伤率，减少经济损失。结合实际贮运过程，本研究实验测试主要分为三部分：常温贮存实验、低温冷藏实验和振动模拟实验。实验过程中测试葡萄的品质参数包括：重量损失率、硬度、酸碱度、含糖量和 Vc 含量等[7]。研究葡萄在运输过程中的损伤因素，并定性分析这些因素对葡萄品质影响指标，是十分必要的，为科学的设计葡萄运输包装提供理论支持。

2 实验方法

2.1 材料与试剂

实验样品选用巨峰葡萄，采自哈尔滨松北生态园，挑选完全成熟、颜色和果粒大小基本一致的葡萄，剪去病、伤果粒，初始品质参数为：平均硬度 8.87，甜度 13.9%，维生素 C 含量 0.1591 mg/g。

2.2 仪器与设备

GY-4 果实硬度测定仪，浙江艾德堡仪器有限公司；PHS-3C 数显酸度计，上海悦丰仪器仪表有限公司；FG-113 含糖量测定仪，上海沪铄电子科技有限公司；GDW 高低温湿热试验箱，上海一实试验设备厂；FA2004B 电子天平，上海精科天美贸易有限公司。

2.3 实验方法

选择样品 4 箱，每箱重量约 3 kg，其中 2 箱置于 20 ℃，相对湿度 55%±5%；另外 2 箱置于低温 0 ℃，相对湿度 90%±5%，环境中。20 ℃，相对湿度 55%±5%可模拟销售期的实际情况，存放 10 d 葡萄外观腐烂变质，每天进行取样分析其品质变化规律。0 ℃，相对湿度 90%±5%，模拟冷藏保鲜状态，每两天进行取样分析其品质变化规律。

2.3.1 硬度测定实验

采用果实硬度计进行测量，果实硬度（P）定义为水果单位面积（S）与承受测力弹簧的压力（N）的比值。利用如下公式对葡萄样本中每粒葡萄的硬度进行测量，记录数据，并计算葡萄样本硬度的平均值。

$$P=N/S$$

注：P-被测水果硬度值 10^5 Pa 或 kg/cm^2；N-测力弹簧压在果实面上的力 N 或 kg；S-果实的受力面积 m^2 或 cm^2。

2.3.2 含糖量测定实验

采用含糖量测试仪进行测试，将压榨的果汁进行甜度的测定，测出样品的甜度均值。

2.3.3 酸碱度测定实验

采用 pH 值测定仪进行测试，首先利用缓冲液对实验仪器进行校准，然后将测试笔插入待测的样本葡萄汁中，等到仪器上显示的数值稳定后，记录读数。

2.3.4 Vc 含量测定实验

采用碘滴定法测定果汁中 Vc 的含量，分别取 10 mL 配置好的淀粉溶液和 20 mL 配置好的草酸溶液，平均分配到两个锥形瓶中，再分别向两个锥形瓶中加入 20 mL 压榨的葡萄汁，为了更好的体现实验过程中碘滴定颜色的变化，设置一组对比实验，对其中一瓶进行碘滴定实验，另一瓶作为对比[8~9]。Vc 含量计算方法如下式：

$$Vc=\frac{1\times 176.12\times V}{W}(10^{-2}mg/g)$$

注：V-滴定样品提取液消耗碘液平均值 mL；W-所消耗的样品提取液 g。

3 结果与分析

3.1 重量损失率分析

葡萄的含水量约占总量的 70%~90%，水份是维持其生命活动的主要成份。葡萄细胞必须水分充足，膨压大，才能使组织呈现坚挺脆嫩的状态，显出光泽并有弹性，才能显现新鲜感，并具有一定的弹性和硬度

[10]。水分损失是由于葡萄组织内部和外界空气之间的水势梯度和呼吸作用引起，受品种、成熟度、温度、湿度和风速等的影响。20 ℃，相对湿度 55%±5%条件下，储存 6 d 葡萄水分损失达到 5.03%，葡萄果实原有的饱满状态消失，呈现萎蔫、疲软的形态，而且光泽消失，这严重影响了葡萄的外观，使葡萄重量减少、品质降低，而且使正常的代谢作用紊乱[11]。

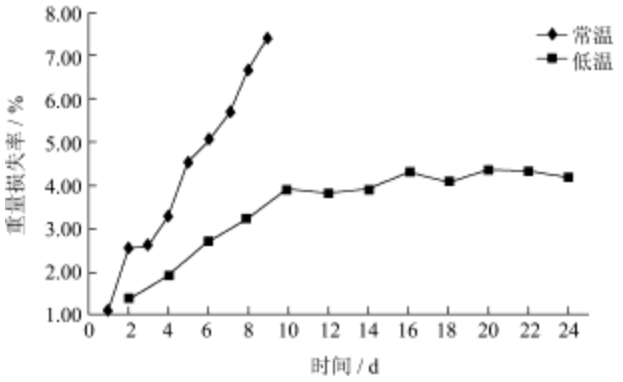


图 1 重量损失与时间关系图

Fig.1 The relationship between weight loss and time

实验结果如图 1 所示，20 ℃，相对湿度 55%±5%条件下，葡萄的重量损失几乎呈线性关系，储存 9 d 时葡萄已经严重萎蔫并腐烂。0 ℃，相对湿度 90%±5%条件下，储存 10 d 时，重量损失率达到 3.85%，此后重量损失趋势变化不大。

20 ℃条件下，失重率明显上升，这说明葡萄质量下降迅速，这个过程与葡萄的呼吸速率和水分的蒸发有关系，质量损失主要是由蒸发所引起的失水。葡萄含水量大，温度升高加速了蒸散作用，葡萄果肉内部与外部环境之间水分蒸发的势差较大，葡萄内水分不断向外界环境输出。当果实出现霉变，葡萄的细胞壁已经发生破坏，保护能力减弱，水分蒸发加快。

由冷藏试验可以看出，将室温 20 ℃下的葡萄直接放入 0 ℃冰箱冷藏后，前期阶段失重率逐渐上升，10 d 左右逐渐趋于平缓，在冷藏的条件下，葡萄处在一个密闭的环境中，蒸腾出来的水汽主要集中在自身周围，逐渐形成一个近于饱和的水汽层，水分蒸发就会减慢甚至停止[12]。因此葡萄与贮藏环境之间的温差及相对湿度对果蔬水分蒸发影响很大，葡萄应先进行快速预冷后再进行低温高湿的冷藏，贮藏过程中保持恒温，对减少水分损失是非常重要的。

3.2 温度对硬度的影响

硬度是葡萄品质的一个重要指标，它决定了葡萄的货架期。在不同贮藏条件下，葡萄硬度随着贮藏时间的延长呈指数形式衰减，温湿度对葡萄硬度的影响都很明显。

本实验所测得硬度，主要是细胞壁的硬度，即在细胞壁戳穿前的最大数值，0 ℃，相对湿度 90%±5%条件下，储存 10 d 的指数方程为 $y=8.619e^{-0.0083x}$，储存 24 d 的指数方程为 $y=8.6707e^{-0.0108x}$，储存 10 d 硬度损失率达到6.76%，储存 24 d 硬度损失率达到 20.28%，而后硬度变化趋于平缓。20 ℃，相对湿度 55%±5%条件下，储存 9d 的指数方程为 $y=8.6375e^{-0.0863x}$，储存 6 d 硬度损失率达到 32.17%，储存 9 d 硬度损失率达到 54.08%。

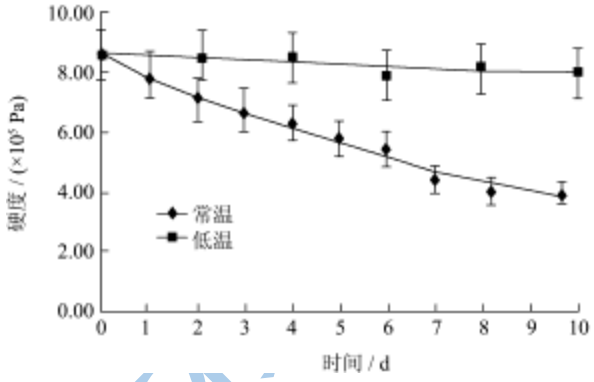


图 2 不同温度硬度损失特性对比

Fig.2The contrast between temperature and hardness loss rate

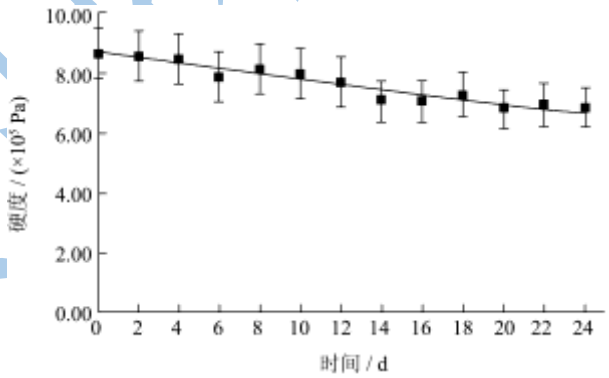


图 3 0℃温度硬度损失情况

Fig.3 The degree of hardness loss rate at 0 ℃

如图 2 显示冷藏时硬度平均值变化不是很大，但有所下降，在 10 d 之内与常温相比，硬度平均值在冷藏时较高，且常温状态下硬度下降的速率要比低温状态下下降的快很多。可见，随着存放时间的变化，细胞失水，细胞膨压下降，细胞壁的硬度逐渐下降，使果实的硬度降低[5]。

通过对图 2 和图 3 进行分析，冷藏条件下，温度比较低，蒸发速率比较慢。冷藏条件时的湿度比常温时的湿度大，在葡萄内部水汽压力一定的情况下，外界水汽压力越大蒸发越慢。水分蒸发速率越来越慢，质量变化越来越小，硬度变化越来越慢。贮运中果实的果胶酶、纤维素酶等活性的增加使中胶层、纤维素等不断降解，降低了果蔬杨氏模量；水分蒸发引起组织细胞膨压下降，降低了果蔬组织的表观硬度，使果实的硬度降低[13]。这一结论与 Hertog 等人[14]的研究结

果一致，这些数据进一步表明了葡萄应贮藏在低温高湿的环境才有利于保持其品质和延长货架寿命。

3.3 Vc 含量分析

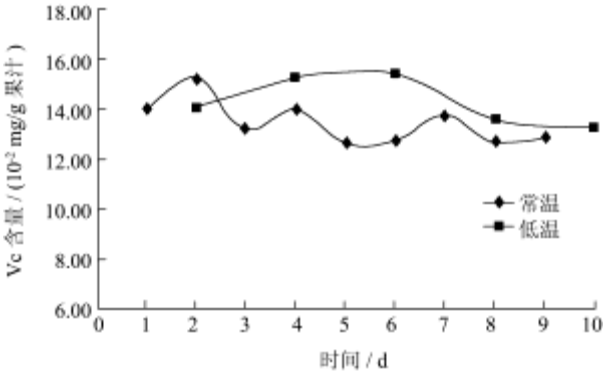


图 4 不同温度下 Vc 含量对比

Fig.4 The changes of Vc content at different temperatures

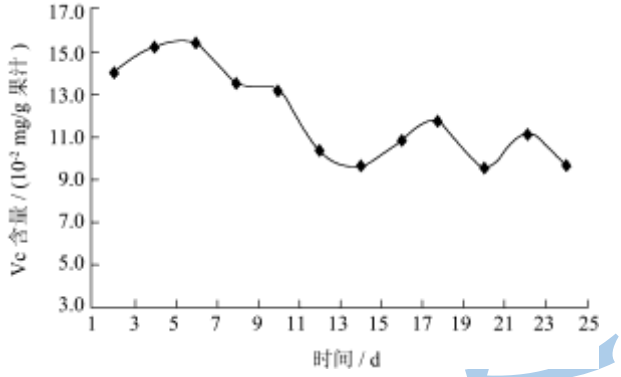


图 5 低温下 Vc 含量变化

Fig.5 The variety of Vc content at low temperature

果汁 Vc 的含量是葡萄营养价值的一个指标，如图 4 所示冷藏初期，Vc 含量没有下降，在 6 d 左右出现了下降趋势。图 5 显示低温时的 Vc 含量要高于常温状态下的含量。实验数据中一周时间之内 Vc 含量水平较之比较高，平均水平可以达到每 100 g 果汁中含量在 13 mg 以上，而后常温状态下果汁的 Vc 含量平均水平明显下降。

3.4 含糖量和 pH 值分析

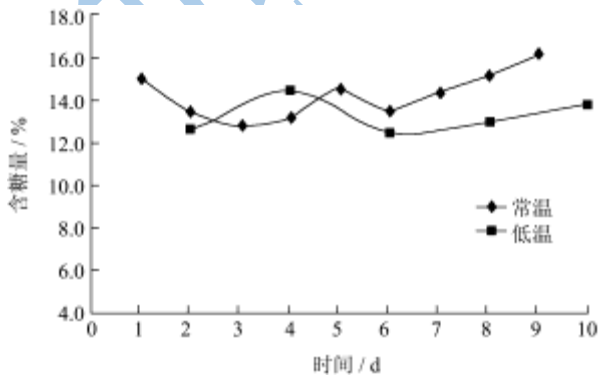


图 6 不同温度下含糖量对比

Fig.6 The changes of sugar content at different temperatures

葡萄的酸性与葡萄的口感有很大关系，如图 6 所示，冷藏状态下，果汁酸碱度在一周之内基本没有变化，一星期之后变化较之前明显但也不是很大，维持在 4 左右，葡萄酸性变化不是很大。比较十天之内葡萄在常温和低温两种状态下储存的 pH 值变化情况，见图 7，在常温状态下 pH 值在一周之后有了较明显的上升，而低温高湿条件下 pH 值变化很小，从数值来看冷藏状态下 10 d 之内，pH 值的细微变化不会引起葡萄的品质变化，从口感上葡萄的酸性不会有明显的差异。

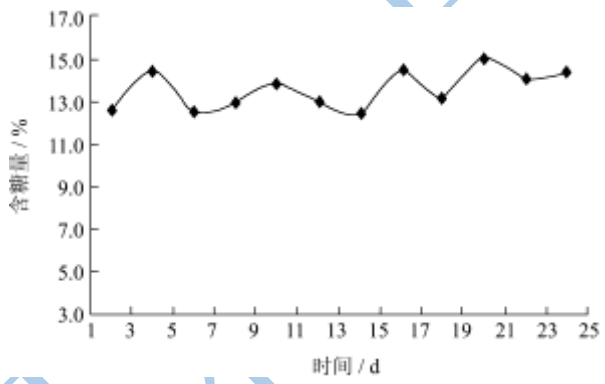


图 7 低温度条件下含糖量变化

Fig.7 The variety of sugar content at low temperature

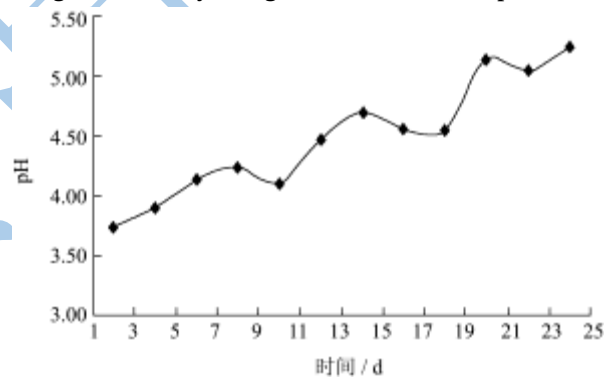


图 8 低温下 pH 值变化

Fig.8 The variety of pH value at low temperature

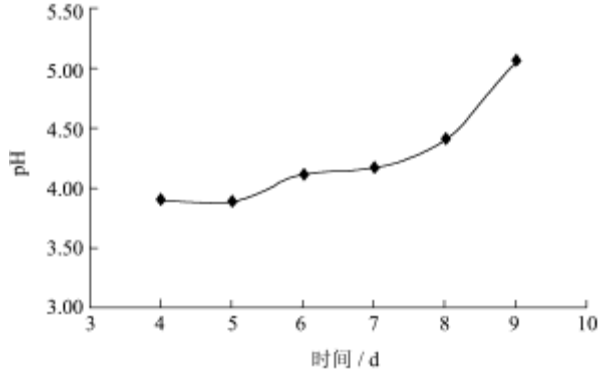


图 9 常温下 pH 值变化

Fig.9 The variety of pH value at normal temperature

果汁含糖量也决定了葡萄的口感，由于呼吸作用的影响，葡萄呼吸作用消耗了糖分，含糖量会下降，但变化不大，如图 8 所示，这说明在冷藏状态下葡萄

的呼吸速率受到抑制。过多的水分蒸发会使正常的呼吸作用受到干扰，破坏能量的正常代谢，如图 9 所示，常温时呼吸速率明显比低温时要高。

通过以上实验结果和数据的分析，可以看出葡萄在 20 ℃，相对湿度 55%±5%条件下，随着天数的增加，葡萄很快成熟，并伴随着呼吸增强、过氧化物酶活性增大，水分蒸发，细胞膨压下降引起葡萄硬度下降，同时 pH 值略微上升，Vc 含量和含糖量均下降，而后因为随着葡萄的呼吸作用、水分蒸发等导致其重量不断减轻而使甜度在后期又有了上升过程。随着实验天数的增加，室温葡萄开始不断出现发霉现象，8 d 以后发霉现象严重[15]。

0 ℃，相对湿度 90%±5%条件下，Vc 的含量逐渐下降，酸碱度也处于不断上升的趋势，而甜度开始有微弱下降后期也因为葡萄自身的呼吸作用、水分蒸发而使得重量减轻，甜度有所上升。可见冷藏对葡萄的保鲜起到了非常重要的作用。

4 模拟实际振动条件下葡萄品质的影响

4.1 实验设备与方法

振动实验采用 DCS-600-6-05 电动振动实验系统（苏州苏试集团有限公司），模拟实际运输过程中，5 层堆码情况下葡萄的振动情况，将 5 箱葡萄样品置于振动台上，将加速度传感器分别固定在待测塑料箱第一层、第三层、第五层的内侧壁上。依据 William.I. Kipp[16]给出了随机振动条件下，提高加速度均方根值与减少振动时间的计算公式：

$$Ir = I_0\sqrt{T_0/Tr}$$

注：Ir-实验用频率谱密度；Tr-实验时振动时间；I_0-实测的频率谱密度；T_0-实际运输时间。

将试验时间缩短为实际运输过程的 1 / 5，需要将其加速度均方根值加大为实测数据的$\sqrt{5}$倍，根据实际的运输条件，确定本实验模拟的实际运输时间为 5 h，10 h 及 15 h。每振动半个小时分别在第 1 层、第 3 层、第 5 层中取出一定的葡萄样品进行品质测定，并在箱内填充相同重量的葡萄，避免产生空隙。

4.2 实验参数设计

实验采用的目标谱参数设置见表 1。

表 1 目标谱参数

Table 1 The target spectrum parameters

频率/Hz	左斜率/(dB/Oct)	加速度/g	速度/(m/s)	位移峰-峰值/mm	右斜率/(dB/Oct)
5.0		0.78	0.24	15.54	-4.03
10.0	-4.03	0.49	0.08	2.40	-1.75
20.0	-1.75	0.40	0.03	0.50	-15.86
25.0	-15.85	0.22	0.01	0.18	20.61
40.0	20.62	1.12	0.04	0.35	-3.31
60.0	-3.31	0.89	0.02	0.12	恒定加速度
80.0	恒定加速度	0.89	0.02	0.07	21.88
100.0	21.88	2.01	0.03	0.10	

4.3 实验结果及分析

不同振动时间时，葡萄品质测量结果见表 2 所示。根据实验数据的结果可以看出：

表 2 振动后葡萄品质测试结果

Table 2 The test result of grape quality after vibration experiment

层数	振动时间/h	2.5	5	7.5	10	12.5	15
第 5 层	硬度/(10^5Pa)	8.14	8.47	8.41	6.81	7.47	6.93
	含糖量/%	15.00	14.80	14.20	14.00	14.00	13.80
	酸碱度	4.89	4.51	4.39	4.77	4.61	4.65
	Vc 含量/(10^{-2}mg/g)	12.77	12.26	11.78	11.71	11.40	10.55
第 3 层	硬度/(10^5Pa)	8.10	7.88	8.15	8.25	7.97	7.07
	含糖量/%	14.80	14.00	14.60	14.60	14.50	14.20
	酸碱度	4.68	4.60	4.55	4.46	4.47	4.45
	Vc 含量/(10^{-2}mg/g)	13.28	12.63	11.34	11.80	12.51	10.52
第 1 层	硬度/(10^5Pa)	7.73	7.13	7.51	7.53	7.34	7.28
	含糖量%	14.60	14.40	14.40	14.40	14.40	14.00
	酸碱度	4.73	4.67	4.47	4.39	4.54	4.39
	Vc 含量/(10^{-2}mg/g)	13.43	12.96	12.32	11.37	11.50	11.80

4.3.1 随着振动时间的增加，第 1、3、5 层葡萄的硬度都有了明显的下降，其中第 5 层葡萄的下降幅度最大，从差值来比较，第五层葡萄硬度下降的较大，其次是第三层，最后是第一层。这是因为上层葡萄受到的振动最为强烈，在振动条件下，振动使葡萄组织膜结构遭到破坏，细胞壁的细密结构开裂，引起组织降

解，宏观上表现为硬度下降。振动的时间越长，葡萄与葡萄之间发生了随机碰撞次数越多，造成表皮发生的破坏就越严重；表皮保护性下降，同时也会造成水分蒸发变快，葡萄呼吸作用加强等影响。但葡萄发生任何一项变化都会引起其他指标的改变，并不是单一变化的。振动时间越长，葡萄硬度下降越多；随着堆码层数的增加，振动传递率越大，葡萄软化程度越大，葡萄硬度下降越明显。

4.3.2 由于测试采取的增加振动强度，缩短振动时间的方式，所以振动后葡萄的酸碱度和含糖量整体趋势呈下降趋势但变化幅度不大。葡萄的含糖量变化主要与呼吸作用有关，振动条件下，葡萄内组织发生胁迫反应，即葡萄内部通过增强呼吸作用来应对外界的变化。在较短的时间内，消耗的糖分变化情况不是很大。随着时间的变化，各层的 pH 值变化都不是很大，整体略微下降。因为振动后，细胞内组织受到破坏，细胞液外渗，造成了 pH 下降，第 5 层受振动影响相对比较大，对细胞内组织、表皮、呼吸的强度影响较第 1 层、第 3 层的要略微大一些，其次是第 3 层，最后是第 1 层。

4.3.3 随着振动时间的增加，第 1、3、5 层葡萄的 Vc 含量也都有了明显的下降，尤其是第 5 层下降程度最大，第 1 层相对下降程度较低。在葡萄果实受到在细微的振动影响下，内部的组织发生变化，表皮的保护性也略微下降，葡萄的品质随之降低。

5 结论

5.1 在常温下葡萄较容易变质，冷藏可以大大降低葡萄的呼吸速率，降低新陈代谢速度，延长保质期，在实际运输前葡萄采摘下之后要立即进行预冷可以保证葡萄在较短时间内保持新鲜。高湿度可以减少果品的水分蒸发，因此低温高湿条件是适合葡萄储藏的条件。

5.2 振动时间对试样的损伤有重要影响。其他条件相同时，振动时间越长，果品之间碰撞的次数越多，硬度下降的越多，酸性略微下降，含糖量和 Vc 含量变化越明显，损伤就越大，品质下降越明显。

5.3 堆码层数对葡萄品质变化也有一定的影响。在同一振动时间下，堆码层越高，葡萄的硬度下降越明显，含糖量、Vc 含量流失的越多，pH 值所受的影响较小；在同一堆码层下，振动时间越长，葡萄的硬度下降的越多，含糖量、Vc 含量流失的越多，pH 值越小。

5.4 恰当的包装形式能有效降低贮运过程对葡萄的损伤，减损包装不仅可以保护葡萄因外界环境如温湿度的影响，同时可以降低振动引起的葡萄内部的结构的变化，减损包装能满足减少水分蒸发、减少营养损失的要求，保证葡萄在贮运过程中的优良品质。

参考文献

[1] 张瑞宇.现代物流中果蔬保鲜包装技术及其研究进展[J].包装工程,2003,24(1):71-73

[2] C Costa, A Lucera, A Conte, et al. Effects of passive and active modified atmosphere packaging conditions on ready-to-eat table grape [J]. Journal of Food Engineering, 2011,102:115–121.

[3] Yun Deng, Ying Wu, Yunfei Li, et al. Studies of postharvest berry abscission of ‘Kyoho’ table grapes during cold storage and high oxygen atmospheres [J]. Postharvest Biology and Technology, 2007, 43: 95-101.

[4] 曾璐,林亲录,秦丹.南方葡萄采后贮运病害的微生物防治技术研究[J].现代食品科技,2011,23(4):101-102.

[5] 刘红斌.影响红提葡萄贮运保鲜质量的若干因素[J].天津农业科学,2007,13(1):55-56

[6] Jarimopas B, Singh S P. Measurement and analysis of truck transport vibration levels and damage to packaged tangerines during transition [J]. Package Technology & Science, 2005, 18: 179-188

[7] 程科,李洁,赵思明,等.西红柿的贮藏特性研究[J].现代食品科技,2006,23(3):28-31

[8] 聂继云,董雅凤,巩文红.果品维生素 C 含量测定中的几个问题[J].中国南方果树.2001,30(1):53-54

[9] 王云霞,张会轻,郭磊.滴定法测定维生素 C 含量[J].河北化工,2008,31(8):72-73.

[10] 及华,关军峰,冯云霄,等.温度和包装对巨峰葡萄贮藏品质的影响[J].食品与发酵工业,2006,32(1):138-140.

[11] 邓云.巨峰葡萄气调冷藏主要品质变化研究[D].上海:上海交通大学,2006

[12] 吴有梅. 葡萄采后浆果脱落及保鲜贮藏[J].植物生理学报, 1992,18(3):267-272.

[13] 邓云,吴颖,李云飞.果蔬在贮运过程中的生物力学特性及质地检测[J].农业工程学报, 2005,21(4):1-6

[14] Maarten L A T M Hertog, Ruth Ben-Arie, Erika Rth, et al. Humidity and temperature effects on invasive and non-invasive firmness measures [J]. Postharvest Biology and Technology, 2004, 33(1): 79-91

[15] 张华云.葡萄采后保鲜技术及机理研究[D].北京:中国农业大学,2002.

[16] William I. kipp. Vibration Testing Equivalence [J]. ISTA Con 2000. 2006 ,4(26): 1-13