

基于模拟运输条件的梨果实包装振动损伤研究

卢立新^{1,2}, 黄祥飞¹, 华岩^{1,2}

(1. 江南大学包装工程系, 无锡 214122; 2. 中国包装总公司食品包装技术与安全重点实验室, 无锡 214122)

摘要: 运输振动是导致果品机械损伤的重要原因之一, 而包装形式与缓冲衬垫性能是影响果品运输机械损伤的最关键因素。该文根据等效加速试验原理, 模拟实际公路运输工况, 试验研究不同缓冲衬垫对箱装水晶梨运输振动损伤保护的影响。结果表明, 不同的包装方式对于梨果实损伤的保护作用不同, 瓦楞纸板衬垫与隔挡可以使梨果实损伤率减小 15%~25%, 瓦楞纸板衬垫、隔挡以及网罩的联合包装形式可以使梨果实的损伤率减小 35%~45%。包装箱所处堆码层数对梨果实的振动损伤有重要影响, 最上层梨果实的损伤最大, 最下层梨果实的损伤次之, 中间层梨果实的损伤最小。在同一包装箱内, 最上层梨果实损伤最大, 中间两层次之, 最下层最小。

关键词: 振动, 包装, 运输, 水果, 损伤, 梨, 模拟

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2009.06.020

中图分类号: TB485.3

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2009)-6-0110-05

卢立新, 黄祥飞, 华岩. 基于模拟运输条件的梨果实包装振动损伤研究[J]. 农业工程学报, 2009, 25(6): 110-114.

Lu Lixin, Huang Xiangfei, Hua Yan. Effect of packaging methods on vibration bruising of pear fruits by simulated transport tests[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(6): 110-114. (in Chinese with English abstract)

0 引言

果品的运输损伤是造成果品损耗的重要原因之一。据估计, 由于运输过程中机械损伤造成的果品采后损失达 25%~45%。目前, 基于模拟运输试验测定评估包装对果品损伤的防护效果, 是果品运输包装的最有效工程研究途径。

多年来, 国内外对果品振动损伤特性的研究主要基于两种类型的试验方法, 即稳态振动和随机振动。在稳态振动试验分析果品振动损伤特性及其包装保护作用方面, Vergano 等^[1]对 5 种不同品种的桃子进行振动试验后发现, 在 6 Hz 时桃子产生损伤; Slaughter 等^[2]对堆码在托盘上的纸箱装梨进行振动试验后, 发现在 3.5 Hz 和 18.5 Hz 两个阶段, 梨最易产生损伤。Turczyn 等^[3]研究了马铃薯的多层堆码试验, 结果发现蜂窝纸箱比普通纸箱包装具有更好的保护性能。康维民^[4]研究了稳态振动条件下梨的振动损伤, 发现果品的振动损伤与其吸收的能量存在一定对应关系。陈萃仁^[5]研究振动强度、包装材料与方式等对草莓机械损伤影响, 建立其振动损伤的预测模型。孙骥^[6]模拟运输运输条件试验, 分析振动频率、振幅及时间对苹果振动损伤面积等的影响关系。李春飞等^[7]采用目前果品运输中常用的多种缓冲结构对苹果实施包装, 进行振动试验, 分析缓冲包装结构形式对果品损伤与振动传递率的影响。

果品实际运输经历的是随机振动, 为此模拟实际运

输工况的研究更具工程实用价值。Jarimopas^[8]研究了实际运输工况振动条件下, 塑料筐中柑橘的损伤特性。Barchi^[9]研究了模拟振动下的批把的损伤, 发现包装箱的位置对损伤的影响较小, 而采用衬垫可降低损伤。Singh^[10]采用随机振动模拟装运环境, 分析包装形式和运输工具对苹果损伤的影响。Chonhenchob^[11]通过对采用多种包装容器包装的番木瓜果进行振动试验后发现, 纸箱包装具有更好地保护特性。Zhou 等^[12]研究了不同包装衬垫对贮藏中黄花梨的机械损伤以及生理特性的影响。

梨果实运输中极易产生机械损伤。国内梨果实的运输包装主要采用瓦楞纸箱, 缓冲形式包括纸板衬垫、发泡网罩、纸板隔挡等。目前由于缺乏对梨果实运输包装损伤特性的系统研究, 包装对不同等级产品适应性未建立, 梨果实运输包装缺乏有效技术指导。本文基于加速试验原理, 模拟实际公路运输工况, 试验研究包装方式、堆码层数、包装箱内产品放置位置等对梨果实的振动损伤的影响, 评估不同包装方式的有效性, 为梨果实的运输包装设计与物流包装防护提供相关的技术基础。

1 材料与方法

1.1 材料

新鲜水晶梨, 产地河北, 购于当地水果超市。选取大小均匀, 成熟度基本一致, 形状规则且无机械损伤和病虫害的果品。试样横向(垂直梨果实果柄方向)平均直径为 69.14~81.33 mm, 质量为 186.2~277.8 g, 坚实度为 0.25~0.34 MPa。

梨果实包装箱仍采用市场上常用的 0201 型纸箱, 选用 BC 型瓦楞纸板制作, B 型瓦楞纸板的基本参数为楞高 2.5~2.8 mm; 楞数 50±2/30 cm; C 型瓦楞纸板的基本参数为楞高 3.4~3.8 mm; 楞数 38±2/30 cm, 纸箱尺寸 445 mm×270 mm×325 mm。衬垫、隔挡均采用 C 型瓦

收稿日期: 2009-01-14 修订日期: 2009-04-10

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划重点课题(2006BAD30B02); 教育部科学技术研究重点项目(108066)

作者简介: 卢立新(1966—), 男, 江苏宜兴人, 博士、教授、博士生导师。主要从事农产品、食品包装与储运技术, 包装工艺与机械等研究。无锡江南大学包装工程系, 214122。Email: luxl@jiangnan.edu.cn

楞纸板，网罩为 EPS 发泡材料，形状为网状，包装时将梨果实包裹住。

试验中采用 4 种包装方式，采取包装条件递增的方式，这样有利于分析各种包装方式的保护效果。4 种包装方式（图 1）分别为：纸箱（包装方式 1），纸箱+衬垫（包装方式 2），纸箱+衬垫+隔挡（包装方式 3），纸箱+衬垫+隔挡+网罩（包装方式 4）。

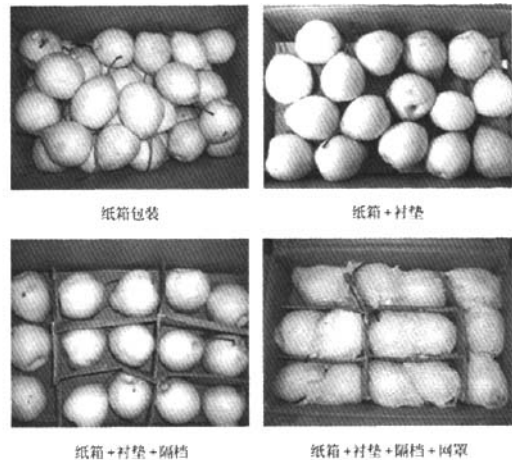


图 1 梨果实包装方式
Fig.1 Packaging types of pear fruits

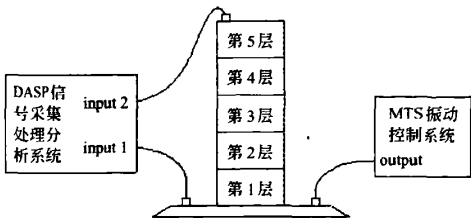


图 2 梨果实振动试验系统
Fig.2 Vibration test system of packaged pear fruits

1.2 主要仪器设备

模拟振动试验系统如图 2。振动系统采用美国 MTS 公司的振动试验机系统（型号为 MTS891.02B）。信号采集与分析采用北京东方振动和噪声技术研究所的 DASP 信号采集与分析系统。其中 1 通道连接于振动台，用于测量振动输入值，2 通道粘接于包装箱上表面，用于测量箱装果品的振动响应。

1.3 试验设计与方法

- 1) 梨果实坚实度测定，参见文献[7]。
- 2) 公路运输模拟试验设计。公路运输随机振动试验数据采用 GB/T 4857.23-2003^[13]公路运输随机振动功率谱密度数据，并根据文献[14]中的方法进行加强√5 倍以符合实际运输工况。

试验前，将经过编号、包装后的水晶梨放置于振动台，采用 5 层堆码。第 1 层（最下层）、第 3 层（中间层）、第 5 层（最上层）用实际的箱装梨果实，第 2、4 层用配重果品箱。振动时间分别取 2、3、5 h。每个试验工况重

复试验 3 次。

1.4 梨果实损伤评价

采用面积法来评价果品的损伤。损伤面近似为椭圆，采用椭圆面积计算公式计算果品损伤面积。参考《ZB/T B31 033-90 梨销售质量》^[15]，根据实际损伤情况将果品的损伤分为微伤、轻伤、中伤和重伤四级^[16]。梨果实四级损伤的示意如图 3 所示。

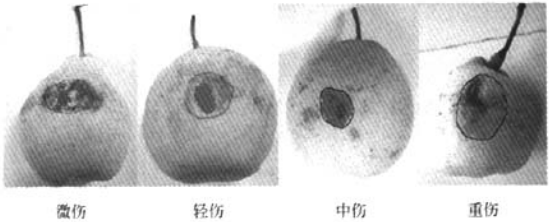


图 3 梨果实各级损伤示意
Fig.3 Bruising grades of pear fruits

果品的运输及销售过程中，各种损伤对果品的影响程度是不同的，因此需要建立一个统一的评价体系，将各种损伤化为统一的等价损伤面积，并以此来评价果品的损伤程度。试验采用给各种损伤赋权的方式来表征不同损伤对果品的影响程度，各种损伤的权数为，微伤：0.1；轻伤：0.2，中伤：0.3，重伤：0.4。采用果品的平均损伤面积来对果品的损伤进行评价^[16]。

损伤评价模型为：

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n (S_i \times q_i)}{N} \tag{1}$$

式中 S ——试样的平均损伤面积， cm^2 ； S_i ——第 i 级损伤面积， cm^2 ； q_i ——第 i 级损伤的权数； N ——该组试验的采样数。

振动试验完成后，针对各层堆码纸箱中的各层试样，在纸箱四角及其它方位随机抽取相应层果品总数的 1/2 数量试样作为采样试样，室温下放置 24 h 后测量采样试样损伤面积、损伤深度，确定试样的损伤等级，并根据式（1）进行统计评价。

2 结果与讨论

2.1 包装方式对梨果实振动损伤的影响

不同的包装方式对于试样损伤的保护作用有所不同。由图 4 知，加纸板衬垫与加隔挡对于试样损伤减小量贡献相近，而加网罩可以使试样损伤有较明显的下降。总体上，衬垫、隔挡包装可以使试样损伤率减小 15%~25%；而衬垫、隔挡与网罩的联合包装可以使试样的损伤率减小 35%~45%。

2.2 振动时间对梨果实振动损伤的影响

振动时间对试样的损伤有重要影响（图 5）。通常情况下，振动时间越长，损伤越大。其他条件相同时，振动时间越长，果品之间碰撞的次数越多，损伤就越大。振动时间对果品损伤的影响也受到包装方式的影响，不

同包装方式条件下, 果品损伤随振动时间的变化不同, 衬垫、隔挡及网罩的组合方式能有效降低产品的损伤量。

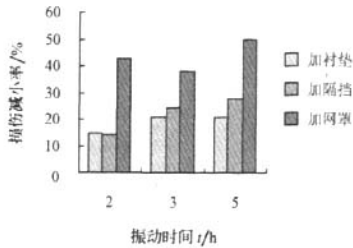


图4 包装条件对梨果实损伤的影响

Fig.4 Effect of packaging type on pear fruits bruising

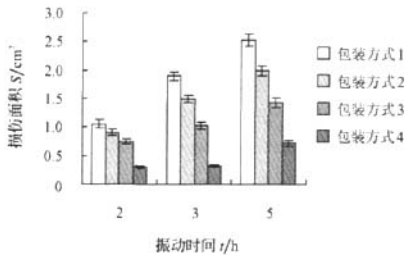
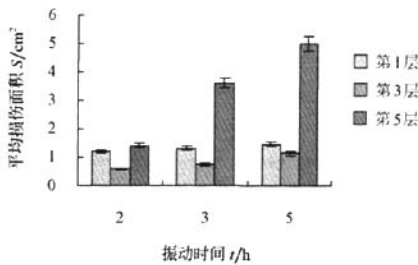
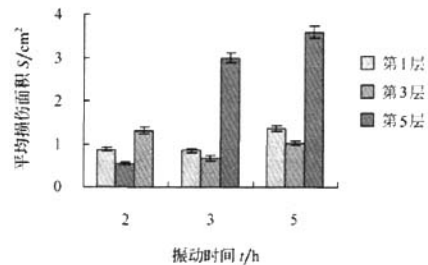


图5 振动时间对梨果实损伤的影响

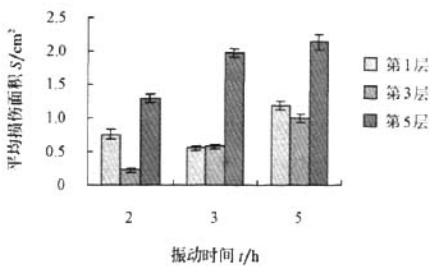
Fig.5 Effect of vibration time on pear fruits bruising



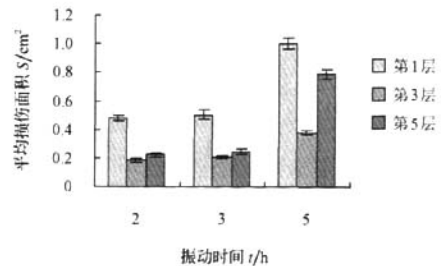
a. 包装方式1(纸箱)



b. 包装方式2(纸箱+衬垫)



c. 包装方式3(纸箱+衬垫+隔挡)



d. 包装方式4(纸箱+衬垫+隔挡+网罩)

图6 不同包装方式下纸箱堆码层数对梨果实损伤的影响

Fig.6 Effect of number of stack layer on pear fruits bruising under different pecking methods

2.4 箱中层数对梨果实振动损伤的影响

运输过程中, 果品在箱内也是分层装运的。通常情况下, 箱内果品分为四层, 试验结果表明果品在箱内所处层数也对梨果实的损伤产生影响。以下以包装方式2为例讨论包装箱中各层试样损伤的总体情况 (图7)。

万方数据

2.3 堆码层数对梨果实振动损伤的影响

果品在运输过程中产生的损伤与其所处的堆码层数有较大的关系。试验可知, 不同堆码层数的试样加速度响应是不同的, 加速度的大小是影响果品振动损伤的重要因素之一, 通常是层数越高, 加速度响应越大。因此, 果品堆码层数是影响果品振动损伤的重要因素。果品的层数包括两个方面, 一个是果品装箱后, 纸箱所处的运输堆码层数, 另一个是果品在纸箱中的层数。这两种层数都会对果品的损伤产生影响, 图6给出了不同包装方式下纸箱堆码层数下梨果实损伤的试验结果。

结果表明, 对于包装方式1、2、3, 均是最上层果品的损伤最大, 最下层果品的损伤次之, 中间层果品的损伤最小。这主要是由于不同层试样承受的响应加速度不同所致。最上层果品承受的响应加速度最大, 因而损伤最大。最下层由于所受重压最大, 尽管其加速度响应比中间层小, 但其损伤仍较大。对于包装方式4, 最下层损伤最大, 最上层次之, 中间层最小。其原因因为加入网罩后, 试样间的缓冲效果得到很好的改善, 尽管最上层加速度响应较大, 但是由于提高了包装保护的条件, 因此损伤降低。而最下层试样的重压依然较大, 因而损伤较大。

在纸箱内部, 梨果实的损伤情况为, 最上层(第4层)试样损伤最大, 中间两层次之, 最下层(第1层)最小。分析可知, 纸箱内试样处于同一种包装方式条件下, 其损伤主要由加速度不同导致, 各层试样的加速度响应逐层增大^[7], 因而损伤也逐层增大。

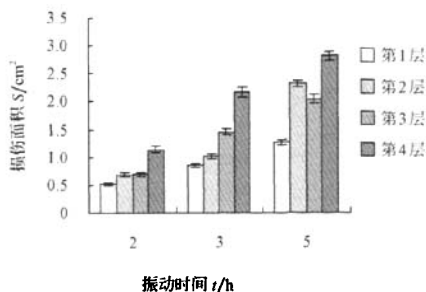


图7 同一纸箱内不同层数对梨果实损伤的影响
(包装方式2)

Fig.7 Effect of layer number on pear fruits bruising in the same packaging box

3 结论

1) 不同的包装方式对于梨果实损伤的保护作用不同。纸板衬垫与隔档包装形式对于梨果实损伤减小量贡献相近, 而采用网罩可以使梨果实损伤有比较明显的下降。衬垫与隔档可以使梨果实损伤率减小15%~25%, 衬垫、隔档与网罩的联合包装形式可以使梨果实的损伤率减小35%~45%。

2) 模拟振动时间越长, 梨果实损伤越大。振动时间对梨果实损伤的影响也受到包装方式的影响, 不同包装方式条件下, 梨果实损伤随振动时间的变化不同。

3) 包装堆码层数对梨果实的振动损伤有重要影响。最上层梨果实的损伤最大, 最下层梨果实的损伤次之, 中间层梨果实的损伤最小。同时堆码层数对梨果实振动损伤的影响也与包装方式相关。

4) 在纸箱内部, 梨果实的损伤情况为, 最上层果品损伤最大, 中间两层次之, 最下层最小。

[参 考 文 献]

- [1] Vergano P J, Testin R F, Nevall W C. Peach bruising: susceptibility to impact, vibration, and compression abuse[J]. Transactions of the ASAE, 1991, 34(5): 2110-2116.
- [2] Slaughter D C, Hinsch R T, Thompson J F. Assessment of vibration injury to Bartlett pears[J]. Transaction of the ASAE, 1993, 36 (4): 1043-1047.
- [3] Turczyn M T, Grant S W, Ashby B H. Potato shatter bruising during laboratory handling and transport simulation[J]. Transactions of the ASAE, 1986, 29(4): 1171-1175.
- [4] 康维民, 肖念新, 蔡金星, 李军, 等. 稳定条件下梨的振动损伤研究[J]. 农业机械学报, 2004, 35(3): 105-108.

Kang Weimin, Xiao Nianxin, Cai Jinxing, et al. Study on pear scathe under stationary vibration condition[J]. Transactions of The Chinese Society of Agricultural Machinery, 2004, 35(3): 105-108. (in Chinese with English abstract)

- [5] 陈萃仁. 草莓果实振动损伤的预测模型[J]. 农业工程学报, 1997, 13(3): 213-216.
Chen Cuiren, Cui Shaorong, Fang Lijun, et al. A predictive model of strawberry bruising due to vibration[J]. Transactions of the CSAE, 1997, 13(3): 213-216. (in Chinese with English abstract)
- [6] 孙 骊, 吴竟爽. 苹果振动损伤的规律及其评价[J]. 西北农业大学学报, 1994, 22(1): 78-83.
Sun Li, Wu Jinshang, Han Lijun. The law of apple damage caused by vibrating and its damage evaluation[J]. Journal of Northwest Agricultural University, 1994, 22(1): 78-83. (in Chinese with English abstract)
- [7] 李春飞, 卢立新, 宋妹妹. 缓冲包装结构对箱装苹果振动损伤与动力学特性的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2007, 26(3): 10-13.
Li Chunfei, Lu Lixin, Song Shumei. Effect of cushion packaging construction on vibration bruising and dynamic property of apples[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2007, 26(3): 10-13. (in Chinese with English abstract)
- [8] Jarimopas B, Singh S P. Measurement and analysis of truck transport vibration levels and damage to packaged tangerines during transit[J]. Packaging Technology and Science, 2005, 18: 179-188.
- [9] Barchi G L, Berardinelli A, Guarnieri A. Damage to loquats by Vibration simulating intra-state transport[J]. Biosystems Engineering, 2002, 82(3): 305-312.
- [10] Singh S P. Bruising of apple in four different packages using simulated truck vibration[J]. Packaging Technology and Science, 1992, 5: 145-150.
- [11] Chonhenchob V, Singh S P. Packaging performance comparison for distribution and export of papaya fruit[J]. Packaging Technology and Science, 2005, 18: 125-131.
- [12] Ran Zhou; Shuqiang Su, Yunfei Li. Effects of Cushioning Materials on the Firmness of Huanghua Pears during Distribution and Storage[J]. Packaging Technology and Science, 2008, 21: 1-11.
- [13] GB/T 4857.23-2003. 运输包装件随机振动试验方法[S].
- [14] William I K. Vibration Testing Equivalence[J]. ISTA Con 2000, 2006, 4, 26: 1-13.
- [15] ZB/T B31 033-90. 梨销售质量[S].
- [16] 黄祥飞. 梨果实振动损伤特性及其减损包装的研究[D]. 无锡: 江南大学, 2008.

Effect of packaging methods on vibration bruising of pear fruits by simulated transport tests

Lu Lixin^{1,2}, Huang Xiangfei¹, Hua Yan^{1,2}

(1. Department of Packaging Engineering, Jiangnan University, Wuxi 214122, China;

2. The Key Laboratory of Food Packaging Techniques and Safety of China National Packaging Corporation, Wuxi 214122, China)

Abstract: Vibration is one of the key factors causing the bruising of fruits during distribution. The type and quality of cushioning materials could significantly affect the physical quality of fruits. According to the equivalent accelerated test method, effects of cushioning material and packaging type on mechanical bruising to packaged pear fruits were evaluated by means of simulated transport vibration of highway. In general, simple packaging, more vibration time and higher stack layer will lead to larger bruising of packaged pear fruits. Cushioning packages of corrugated board or clapboard could reduce from 15 to 25 percent bruising of pear fruits. Furthermore, combining foam-net packages could get about 35–45 percent of bruising reductions of pear fruits. Bruising on the top layer of stack was the biggest, while that of the middle was the smallest. In the same packaging corrugated box, pear fruits on the top had the biggest bruising, the intermediate two layers were the next, while the bottom was the smallest.

Key words: vibration, packaging, transportation, fruits, bruising, pear, imitation