

樱桃番茄运输包装件振动冲击性能试验*

张连文 杨传民 王勇 潘道津 孟宪文 佟瞳

(天津商业大学机械工程学院, 天津 300134)

【摘要】 针对目前樱桃番茄储运过程中主要包装形式以及造成破损的情况, 选择典型运输包装件, 进行了正弦扫频、堆码强度、堆码扫频振动传递性能、垂直冲击和跌落试验。通过对单件包装件的扫频振动试验, 测出单件的固有频率为 26.61 Hz; 通过堆码强度试验, 测出了包装件的最大堆码层数为 9 层。通过 9 层堆码扫频振动传递性能试验确定了底层、中间层和顶层包装件的固有频率分别为 36.61、10.76 和 6.44 Hz, 得到了各层包装件振动加速度、振动传递率随时间的变化曲线, 并探讨了固有频率和振动传递率峰值与堆码高度之间的关系。在此基础上, 通过垂直冲击试验, 测出了产品的脆值为 89.58; 通过跌落试验, 测出了包装件最大允许跌落高度为 580 mm。

关键词: 樱桃番茄 运输包装件 振动传递率 固有频率 堆码 试验

中图分类号: S377; S641.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2011)03-0125-06

Vibration and Impact Performance Tests of Cherry Tomato Transport Packages

Zhang Lianwen Yang Chuanmin Wang Yong Pan Daojin Meng Xianwen Tong Tong

(School of Mechanical Engineering, Tianjin University of Commerce, Tianjin 300134, China)

Abstract

In view of the main packing form and damage of cherry tomatoes in storage and transportation process in nowadays, the main reasons for the damage of cherry tomatoes package were studied. By choosing a kind of typical cherry tomato packages in the circulation market, five real tests, which included sinusoidal vibration test at variable frequency, vertical impact and dropping tests as well as stacking strength test and vibration transmissibility of multi-packages stacking test, were carried out according to the national test standards. Through sinusoidal vibration test at variable frequency on the single layer package and stacking strength test, the resonance frequency and maximal stacking layers were determined respectively: the natural frequency of a single package was 26.61 Hz and the maximal stacking layer was 9. Then, the natural frequencies of every layer package were determined by 9 stacking layers vibration transmissibility experiment at variable frequency, and they were 36.61, 10.76 and 6.44 Hz for the bottom, middle and top layers respectively. Curves of acceleration and vibration transmissibility of every layer package *vs* time were obtained. The relationships of its natural frequency and peak value of vibration transmissibility *vs* stack height were discussed. On the basis of the above, the fragility of each package was 89.58 by carrying out the vertical impact test. Also, the allowable maximal dropping height is 580 mm according to the dropping test. Finally, the protection capability of the packages on cherry tomatoes was evaluated and some suggestions were also given.

Key words Cherry tomato, Transport package, Vibration transmissibility, Natural frequency, Stacking, Experiment

收稿日期: 2010-06-12 修回日期: 2010-07-11

*“十一五”国家科技支撑计划资助项目(2006BAD05A05, 2007BAD35B0103)和天津市科技支撑计划重点资助项目(09ZCGYNC00900)

作者简介: 张连文, 副教授, 主要从事农产品运输包装件振动与冲击性能及智能结构动力分析与优化设计研究, E-mail: zlianwen@263.net

引言

我国果蔬在储运过程中造成的损失巨大。果蔬储运损失率高达 20% 以上, 每年损失的总价值近 800 亿元^[1-2]。

运输中的冲击和振动是引起包装件破损的主要原因^[3]。由于果蔬包装件在储运过程中受到冲击、振动、跌落、摇摆、静压力等多种因素的影响, 从而导致果蔬受到摩擦、挤压而出现裂纹、挤扁、散失等破损现象。为防止果蔬在储运过程中受到损伤, 需要实施各种适度的缓冲包装, 以确保农产品运输的安全, 降低包装成本。

瓦楞纸箱具有质量轻、成本低、容易加工、便于印刷且可进行科学合理的结构设计等优点。从节能环保角度考虑, 具有可再回收、处理时无公害以及可重复利用的价值。此外, 由于空纸箱能够折叠, 所以空箱占用空间很小, 便于搬运和储存^[4-6]。

近年来, 国内外学者针对樱桃番茄的振动破损机理进行了各种研究^[7-10]。本文从宏观角度对樱桃番茄运输包装件进行单件扫频振动、堆码强度及其堆码振动传递性能、垂直冲击和跌落的试验研究, 评价包装件在储运过程中对樱桃番茄的保护能力, 为果蔬运输包装件的设计提供参考。

1 试验材料与方法

本文研究对象是海南生产的红色樱桃番茄品种^[11], 又称海南圣女果。目前该品种包装件在市面上流通较多的是瓦楞纸箱, 外形尺寸(长×宽×高)为 405 mm×275 mm×195 mm, 每箱可装 10 kg, 空箱质量为 1.8 kg。

为保证试验结果的准确性, 本文严格按照国家测试标准^[12-14], 随机挑选大小适中的樱桃番茄 18 箱, 放在恒湿恒温室中, 湿度和温度与运输环境相同^[15]。然后依次进行单件包装件扫频试验、堆码强度试验、堆码扫频振动传递试验、垂直冲击和跌落试验, 获得樱桃番茄包装件的力学特性参数。通过单件振动和堆码强度试验, 分别测出单件包装件的共振频率和最大堆码层数。通过堆码扫频振动传递试验, 测定整体和各层包装件的固有频率, 得到各层包装件振动加速度、振动传递率随时间的变化曲线, 并探讨固有频率和振动传递率峰值与堆码层数之间的关系。通过垂直冲击和跌落试验, 分别测出产品的脆值及包装件最大允许跌落高度。最后评价包装件在储运过程中对樱桃番茄的防护能力, 并给出改进建议。

2 单件扫频振动试验

采用苏州试验仪器总厂生产的 DY-600-5 型低频运输试验振动台, 按照国家标准选择其中 3 箱, 分别进行单件扫频振动试验^[16]。

把传感器置于装满樱桃番茄的储运包装试件中, 为了降低测试干扰, 提高测试数据的准确性, 把传感器固定在一块小的矩形薄木板上。然后将包装件正立置于振动台上, 并确保其牢固。设定振动台频率为 4.6 Hz, 加速度为 5 m/s², 在 3~100 Hz 之间来回扫描, 扫频速率为每分钟 1/2 倍频程。扫频振动试验所获得的时域文件图及其转换的自功率谱如图 1 所示。

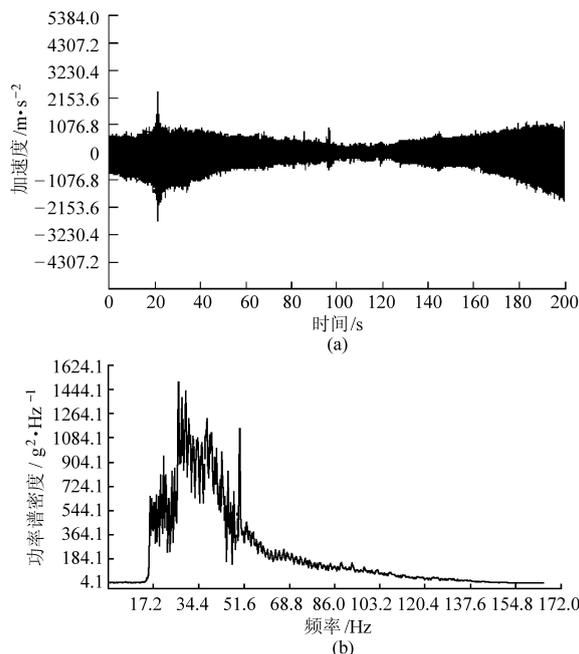


图 1 正弦扫频试验振动时域和频域图

Fig. 1 Time domain response and spectrum curve of vibration test at variable frequency

(a) 时域响应 (b) 频谱曲线

其中, 时域文件图中的响应加速度放大了 100 倍。从图 1b 可以得到, 单件樱桃番茄包装件的固有频率为 26.61 Hz。对 3 箱所做试验获得的曲线类似, 限于篇幅此处只选取其中一箱有代表性的试验图形。

3 堆码强度试验

采用济南兰光机电技术有限公司生产的 XYD-15K 型纸箱抗压试验机进行堆码试验, 可测定运输包装件在堆码时的耐压强度及对内装物的保护能力^[17]。

取包装试样 3 件进行试验。将包装件置于压力试验机的下压板上, 在开始前, 设置一个预压力

22 kg力,使上压板与试验样品紧紧接触。然后将上压板缓慢下降,对包装件施加压力。当载荷压力值达到预定值时,记录此时包装件垂直方向的变形量并检查包装箱内樱桃番茄的破损状况。若没有破损,则逐级增加载荷压力值,重复试验,直至破损为止。逐级增加的压力值应相当于包装件重力(12 kg力)。3 箱试验的平均试验数据如表 1 所示。

表 1 堆码试验数据
Tab.1 Stacking test results

压载量/kg	包装纸箱垂直变形量/mm	破损情况
22	0	完好
34	0.72	完好
46	1.48	完好
58	2.27	完好
70	3.14	完好
82	3.86	完好
94	4.62	完好
106	5.51	完好
118	6.31	破损

从表 1 可看出,试件中的樱桃番茄平均能够承受的压力为 106 kg 力。因为每个包装件的质量为 12 kg,所以最大可堆码的层数为 $106/12 + 1 \approx 9$ 。即在储运过程中樱桃番茄包装件的最大堆码高度为 $195 \times 9 = 1\ 755\text{ mm}$ 。

包装件堆码层数与纸箱垂直变形曲线如图 2 所示。可以看出,压力与变形量基本上呈线性关系。

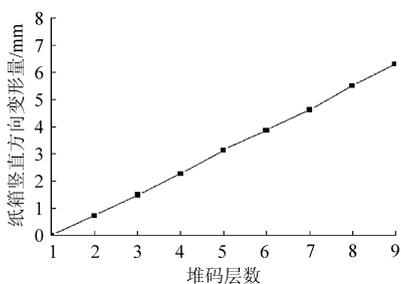


图 2 堆码层数与纸箱垂直变形量关系曲线

Fig.2 Stacking layers and vertical deformation curve

4 堆码扫频振动传递试验

4.1 堆码包装件扫频振动时域响应

采用苏州试验仪器总厂生产的 DY-600-5 型低频运输试验振动台按照国家标准选择其中 9 箱,分别进行堆码扫频振动试验^[16]。

把 3 个传感器分别置于装满樱桃番茄的第 1、5 和 9 层堆码包装试件中,放置方法类似于单件包装试验;将包装件正立、堆码、置于振动台上后用麻绳捆扎,并确保其牢固。将第 4 支传感器置于振动台面上。设定振动台最大加速度 5 m/s^2 ,在 3~100 Hz

之间来回扫描,扫频速率为每分钟 1/2 倍频程。扫频振动试验所获得的时域响应如图 3 所示。

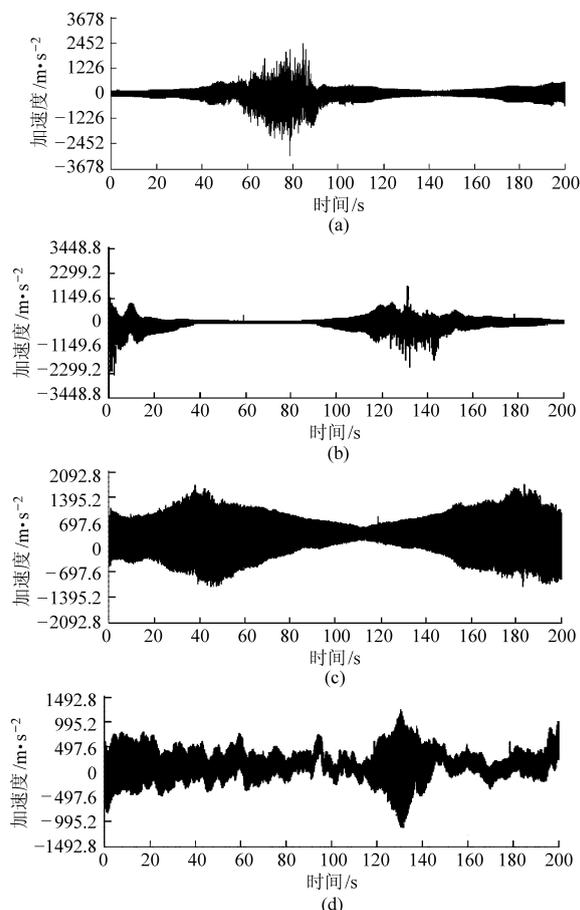


图 3 各层包装件与振动台面的时域响应图

Fig.3 Time domain responses of stacking layers and the vibration table

(a) 顶层 (b) 中间层 (c) 底层 (d) 振动台面

4.2 堆码包装件固有频率测定

将上述扫频振动所获得的时域文件通过 Vib'SYS 微机采集系统转化为自功率谱。得到各层频谱分析如图 4 所示。

当包装件的固有频率等于激振频率时发生共振,此时出现在自功率谱曲线的峰值点,以此来判断各层樱桃番茄包装件的固有频率。由此可知,底层、中间层及顶层(即 1、5 和 9 层)包装件的固有频率分别为 36.61、10.76 和 6.44 Hz。从图 4 可以看出,共振频率从底层到顶层逐渐减小。此外,9 层堆码包装件进行整体捆扎后的重心在第 5 层,因此 10.76 Hz 也是整体的固有频率。

4.3 各层传递率的确定及对比分析

由运输工具振动引起的各层运输包装件内产品的振动响应可以用振动传递率来描述。振动传递率是指振动外力通过缓冲系统传到包装件内产品上的力与振动外力的比,亦即产品上响应振动加速度与外部激励加速度的比值^[18],其计算公式为

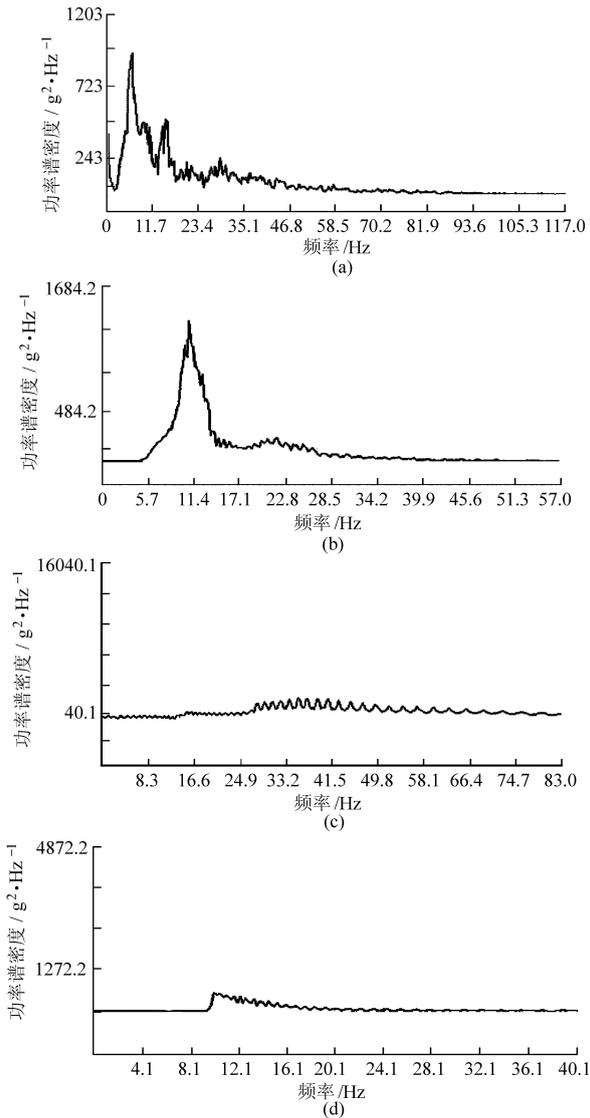


图4 各层包装件与振动台面的频谱分析图

Fig. 4 Spectrum analysis curve of stacking layers and the vibration table

(a) 顶层 (b) 中间层 (c) 底层 (d) 振动台面

$$T_r = \frac{g_n}{g_0}$$

式中 g_0 、 g_n 分别为外部振动激励加速度和传到包装件内产品上的振动响应加速度。

根据加速度响应,可以得到各层樱桃番茄包装件的振动传递率随时间变化的曲线如图5所示。

从图5看出,底层、中间层和顶层的最大振动传递率分别为 22.11、52.05 和 65.38,呈现递增趋势。三层(即 1、5 和 9 层)包装件的传递率对比曲线如图6所示。

5 垂直冲击试验

采用苏州试验仪器总厂生产的 CL-200 型冲击试验台进行垂直冲击试验可以得到产品的脆值。

取上述堆码振动传递试验后的第 3、5、7 层试件

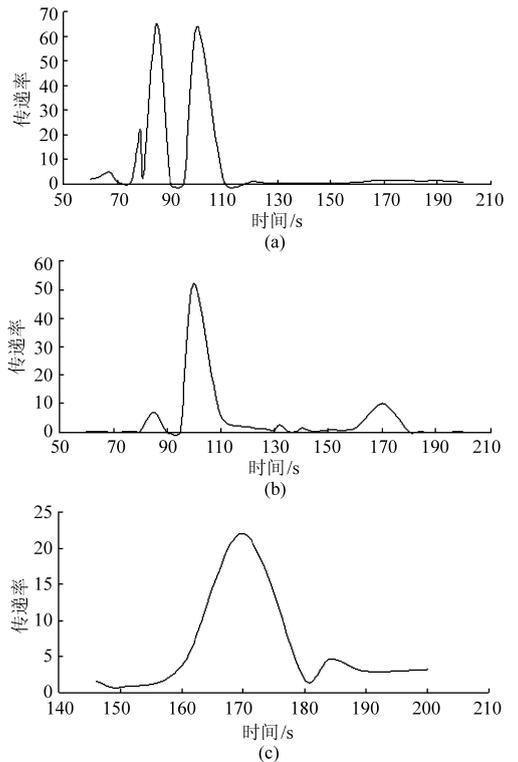


图5 各层包装件的振动传递率随时间变化曲线

Fig. 5 Vibration transmissibility curve of stacking layers

(a) 顶层 (b) 中间层 (c) 底层

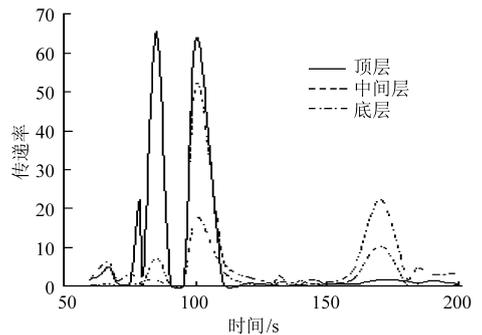


图6 3层包装件的振动传递率随时间变化曲线

Fig. 6 Vibration transmissibility curves of the three stacking layers

3箱(少量破坏的进行了替换)。按标准规定的状态将试验样品固定在冲击试验台上,以最小冲击高度 50 mm、40 mm 为间隔进行冲击试验,用预定的冲击半正弦脉冲波形对试验样品进行强度逐渐增大的冲击试验,记录峰值加速度参数,检查樱桃番茄是否损坏。若损坏则试验结束,若没有发生损坏则以 40 mm 为增量依次增加试件高度,直到试验样品损坏时停止试验。由于樱桃番茄在包装件中体积小而数量多,因此破损程度用破损率表征为宜,若包装件中樱桃番茄总数为 N ,在某次试验中破损数目为 M ,则定义该次破损率 $\varepsilon = (M/N) \times 100\%$ 。结合经验,本文假定,当樱桃番茄的破损率达到 0.3% 时认为破损。本次试验每件装 10 kg 樱桃番茄约 (500 ± 5)

颗,3 箱试件的试验数据如表 2 所示(均为 290 mm 高度时损坏)。

表 2 试件冲击试验峰值加速度

Tab. 2 Three specimens impact test data m/s^2

跌落高度/mm	试件 1	试件 2	试件 3	平均值
50	259.32	271.32	273.15	267.93
90	326.94	333.67	349.45	318.85
130	429.67	426.53	415.81	424.00
170	509.31	526.56	510.87	515.58
210	687.35	676.08	695.82	686.42
250	831.29	783.61	809.54	808.15
290	948.93	926.31	973.04	949.42

取试样发生损坏的相应跌落高度所对应的峰值加速度和未发生损坏的最后一次试验值的平均值与重力加速度的比值作为该试件产品的脆值。从表 2 记录的关于试件 1 的数据可知,在高度为 290 mm 进行自由冲击时,樱桃番茄发生破损,峰值加速度试验值为 $948.93 m/s^2$ 。而未破损的最后一次试验值为 $831.29 m/s^2$,因此试件 1 产品脆值 $G_{c1} = (831.29 + 948.93)/(2g) = 90.73$ 。类似可得试件 2 和试件 3 产品的脆值分别为: $G_{c2} = 87.15$, $G_{c3} = 90.86$ 。最后取三者平均值,所得脆值为 $G_c = 89.58$ 。

6 跌落试验

采用苏州新区东菱振动试验仪器有限公司生产的 DY-315A 型跌落试验机进行面、棱和角跌落试验可以测定包装件最大允许跌落高度^[19]。

对樱桃番茄运输包装件进行面跌落、棱跌落和角跌落试验的目的主要是评定运输包装件在受到垂直方向冲击时的耐冲击强度及包装件对樱桃番茄的保护能力。选取经过堆码振动传递试验后的第 2、4 和 6 层试件 3 箱,从 300 mm 高度开始,进行面跌落试验,记录试验数据,以 80 mm 为间隔增加高度,直到樱桃番茄发生明显破损时停止试验。在每次试验中要将破损的进行替换。试验结果如表 3 所示。

表 3 面跌落试验数据

Tab. 3 Three specimens surface dropping test data

跌落高度 /mm	损坏/个			平均破损率/ /%
	试件 1	试件 2	试件 3	
300	0	0	0	0
380	0	0	0	0
460	0	0	0	0
540	0	0	1	0.067
620	2	3	2	0.467
700	5	8	6	1.267

选取经过堆码振动传递试验后的第 1、8 和 9 层试件 3 箱,因为从理论上讲,棱跌落要比面跌落更安全,所以进行棱跌落试验时可以从 380 mm 的高度开始,试验结果如表 4 所示。

表 4 棱跌落试验数据

Tab. 4 Three specimens edge dropping test data

跌落高度/ mm	损坏/个			平均破损率/ %
	试件 1	试件 2	试件 3	
380	0	0	0	0
460	0	0	0	0
540	0	0	0	0
620	2	1	0	0.2
700	6	3	4	0.867

选取单件扫频振动试验后的试件 3 箱,从理论上讲,因角跌落要比棱跌落更安全,所以进行角跌落试验时可以从 460mm 的高度开始,试验结果如表 5 所示。

表 5 角跌落试验数据

Tab. 5 Three specimens vertex dropping test data

跌落高度/ mm	损坏/个			平均破损率/ %
	试件 1	试件 2	试件 3	
460	0	0	0	0
540	0	0	0	0
620	0	0	0	0
700	0	1	1	0.133
780	5	4	6	1

从试验结果看出,包装件的面跌落允许最大高度为 $(540 + 620)/2 = 580$ mm,棱跌落允许最大高度为 $(620 + 700)/2 = 660$ mm,角跌落允许最大高度为 $(700 + 780)/2 = 740$ mm。由此可见,为了预防和保证该樱桃番茄包装件在运输、搬运过程中不因跌落冲击而损坏,其最大允许跌落高度为 580 mm。

7 包装件保护能力评价

据各层包装件与振动台面的时域图可读取各层樱桃番茄包装件发生共振的时间点及相应峰值加速度。由图 3 可知,在堆码扫频振动时顶层峰值加速度最大,且为 $30.66 g$ 。而垂直冲击试验测得的脆值 89.58 。显然 30.66 远小于 89.58 ,由此说明该包装件在运输中遭受正常振动冲击时能够起到安全保护内装樱桃番茄的作用。

测得最大允许跌落高度为 580 mm。对于普通成年人来说,搬运包装件时的高度应在 600 mm 以上。此外,根据国标规定,对质量为 10 ~ 20 kg 范围

的运输包装件,公路、铁路及航空运输均要求 600 mm 的跌落高度^[5],所以 580 mm 的最大允许跌落高度略显不足。

8 结 论

(1)在对单件樱桃番茄包装件的扫频振动试验中,测得单件的共振频率为 26.61 Hz。

(2)在采用压力试验机的堆码试验中,测得最大堆码层数为 9 层,最大堆码高度为 1 755 mm。

(3)测定了底层、中间层、顶层包装件的固有频率分别为 36.61、10.76 和 6.44 Hz;底层、中间层和顶层的最大振动传递率分别为 22.11、52.05 和 65.38。

(4)模拟了包装件的装卸搬运过程,进行了垂直冲击试验,确定了该包装件产品的冲击脆值为 89.58。

(5)面跌落、棱跌落和角跌落的最大允许跌落高度分别为 580、660 和 740 mm。

参 考 文 献

- 张懋. 我国果蔬汁饮料加工现状及发展对策[J]. 食品与机械, 2002, 16(2): 4~6.
Zhang Min. Status and development of processing technology of fruit and vegetable in China [J]. Food and Machinery, 2002, 16(2): 4~6. (in Chinese)
- 卢立新, 王志伟. 果品运输中的机械损伤机理及减损包装研究[J]. 包装工程, 2004, 25(4): 131~134.
Lu Lixin, Wang Zhiwei. Study of mechanisms of mechanical damage and transport packaging in fruits transportation [J]. Packaging Engineering, 2004, 25(4): 131~134. (in Chinese)
- 许文才, 向明. 连续冲击载荷对包装产品的影响[J]. 振动与冲击, 2001, 20(3): 26~28.
Xu Wencai, Xiang Ming. Influence of bump load on packed products [J]. Journal of Vibration and Shock, 2001, 20(3): 26~28. (in Chinese)
- 周开明, 冯梅. 销售包装设计[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- 彭国勋. 物流运输包装设计[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2006.
- 孙诚. 纸包装设计[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2006.
- Kabas O, Ozmerzi A. Determining the mechanical properties of cherry tomato varieties for handling [J]. Journal of Textures Studies, 2008, 39(3): 199~209.
- Kabas O, Celik K H, Ozmerzi A, et al. Drop test simulation of a sample tomato with finite element method [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2008, 88(9): 1 537~1 541.
- Idah P A, Yisa M G, Ajisegiri E S A, et al. Resonance frequency of Nigerian tomato fruit as related to prevention of damage during transportation [J]. Journal of Food Science and Technology, 2009, 46(2): 153~155.
- 刘迎雪, 卢立新. 振动对小番茄生理特性的影响[J]. 包装工程, 2007, 28(6): 20~21.
Liu Yingxue, Lu Lixin. Effect of vibration on the physiological characteristic of cherry-tomatoes [J]. Packaging Engineering, 2007, 28(6): 20~21. (in Chinese)
- 海南省质量技术监督局. DB46/T 47—2006 无公害食品 樱桃番茄生产技术规程[S].
Hainan Province Quality and Technical Supervision Bureau. DB46/T 47—2006 Pollution-free food production technology rules of cherry tomato [S]. (in Chinese)
- 中国标准出版社第一编辑室, 中国包装技术协会信息中心. 中国包装标准汇编 运输包装卷(上)[M]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- 中国标准出版社第一编辑室, 中国包装技术协会信息中心. 中国包装标准汇编 运输包装卷(下)[M]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- 王怀奥, 计宏伟. 包装工程测试技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- GB/T 4857.2—2005 包装 运输包装件基本试验 温湿度调节处理[S].
GB/T 4857.2—2005 Packaging-basic tests for transport package, part 2: temperature and humidity conditioning [S]. (in Chinese)
- GB/T 4857.10—2005 包装 运输包装件基本试验 正弦变频振动试验方法[S].
GB/T 4857.10—2005 Packaging-basic tests for transport package, part 10: sinusoidal vibration test method using at variable vibration frequency [S]. (in Chinese)
- GB/T 4857.16—90 包装 运输包装件基本试验 采用压力试验机的堆码试验方法[S].
GB/T 4857.16—90 Packaging-basic tests for transport package, stacking test using compression tester [S]. (in Chinese)

- pretreatments [J]. Carbohydrate Polymers, 2009, 77(1):41~46.
- 5 王伟东,崔宗均,牛俊玲,等. 一组木质纤维素分解菌复合系的筛选及培养条件对分解活性的影响[J]. 中国农业大学学报, 2004, 9(5): 7~11.
Wang Weidong, Cui Zongjun, Niu Junling, et al. Construction of a composite microbial system of lignocellulose degrading and effect of cultural condition on the system capability [J]. Journal of China Agricultural University, 2004, 9(5): 7~11. (in Chinese)
- 6 刘海洲,张媛媛,张广柱,等. 固定化酶制备技术的研究进展[J]. 化学工业与工程技术, 2009, 30(1):21~23.
Liu Haizhou, Zhang Yuanyuan, Zhang Guangzhu, et al. Research progress on preparative technique of immobilized enzyme [J]. Journal of Chemical Industry & Engineering, 2009, 30(1): 21~23. (in Chinese)
- 7 肖琼,姚春才,勇强,等. 玉米秸秆超声辅助酶水解[J]. 南京林业大学学报:自然科学版, 2007, 31(4):85~88.
Xiao Qiong, Yao Chuncai, Yong Qiang, et al. Study on ultrasound assisted enzymatic hydrolysis of corn stover [J]. Journal of Nanjing Forestry University: Natural Sciences Edition, 2007, 31(4): 85~88. (in Chinese)
- 8 杨国营,郝振芳,秦玫,等. 天然高分子材料壳聚糖固定化纤维素酶的研究[J]. 河北师范大学学报:自然科学版, 2004, 28(4):386~389.
Yang Guoying, Hao Zhenfang, Qin Mei, et al. Studies on cellulases enzyme fixed on chitosan of natural polymer [J]. Journal of Hebei Normal University: Natural Sciences Edition, 2004, 28(4): 386~389. (in Chinese)
- 9 陈盛,黄智跃,刘艳如. 壳聚糖固定化纤维素酶的研究[J]. 生物化学与生物物理进展, 1996, 23(3):250~254.
Chen Sheng, Huang Zhiyue, Liu Yanru. Study on chitosan-immobilized cellulose [J]. Prog. Biochem. Biophys., 1996, 23(3): 250~254. (in Chinese)
- 10 Ayse Dincer, Azmi Telefoncu. Improving the stability of cellulase by immobilization on modified polyvinyl alcohol coated chitosan beads [J]. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic, 2007, 45(1~2):10~14.
- 11 贾俊强,马海乐,赵伟瑞,等. 超声波处理对小麦胚芽球蛋白理化和功能性质的影响[J]. 农业机械学报, 2009, 40(8): 55~59.
Jia Junqiang, Ma Haile, Zhao Weirui, et al. Effect of ultrasound treatment on physicochemical and functional properties of wheat germ globulin [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(8): 55~59. (in Chinese)
- 12 Rajesh Singh, Rajender Kumar, Kiran Bishnoi. Optimization of synergistic parameters for thermostable cellulase activity of aspergillus heteromorphus using response surface methodology [J]. Biochemical Engineering Journal, 2009, 48(1):28~35.
- 13 马海乐,耿静静,骆琳,等. 超声波预处理对燕麦蛋白制备 ACE 抑制肽的影响[J]. 农业机械学报, 2010, 41(9):133~137.
Ma Haile, Geng Jingjing, Luo Lin, et al. Effect of oat-seed protein pretreatment by ultrasonic on preparation of ACE inhibitory peptides [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(9): 133~137. (in Chinese)

(上接第 130 页)

- 18 李文华. 缓冲包装的振动传递率[J]. 包装工程, 1992, 13(1): 12~15.
Li Wenhua. Vibration transmissibility of cushioning packaging [J]. Packaging Engineering, 1992, 13(1): 12~15. (in Chinese)
- 19 GB/T 4857.5—1992 包装 运输包装件基本试验 跌落试验方法[S].
GB/T 4857.5—1992 Packaging-tests for transport package, vertical impact test method by dropping [S]. (in Chinese)