

食品包装安全研究

亚临界载荷下跌落高度对苹果贮藏寿命的影响

简超¹, 王军^{1,2}, 潘嘹¹, 马宗然¹, 卢立新^{1,2}

(1. 江南大学, 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:以洛川富士苹果为对象,研究了苹果在临界损伤高度以下,跌落高度对其贮藏时间的影响。采用自制跌落试验系统,测试了苹果在临界损伤高度下不同高度跌落后的硬度及贮藏时间,统计分析苹果跌落高度对其硬度及贮藏时间的影响。结果表明:在临界高度以下,苹果不会出现现时损伤,但其贮藏时间会缩短;跌落高度越高,贮藏时间缩短越明显。

关键词:跌落; 临界高度; 苹果; 贮藏时间

中图分类号: TB487; TS206 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)17-0017-03

Influence of Drop Height on Apple's Storage Life under Below Critical Load

JIAN Chao¹, WANG Jun^{1,2}, PAN Liao¹, MA Zong-ran¹, LU Li-xin^{1,2}

(1. Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. Key Laboratory of Food Packaging Techniques and Safety of China National Packaging Corporation, Wuxi 214122, China)

Abstract: The influence of drop heights on apple's storage life was studied using Luochuan fushi apple as samples. The apples were dropped using the drop test system made by ourselves. The hardness and storage life of apples after drop in different drop heights were tested under below critical drop height. The data were analyzed with statistics method. The results showed that apple does not bruise under below critical; the storage life of apples is shortened after dropped; the storage life of apples decreases with drop height.

Key words: drop; critical drop height; apple; storage period

果品在运输过程中会受到挤压、碰撞、冲击、振动等多种形式的载荷,这些都会造成果品的损伤或者品质的下降。在这些损伤形式中,冲击损伤最为恶劣。国内外学者针对果品冲击损伤进行了很多研究。Lichtensteiger 分析了番茄跌落加速度、速度以及变形,初步探讨了跌落中冲量以及能量变化^[1]; A Baritelle 发现应变率对梨果柱破坏应力、破坏应变、弹性模量影响显著,而果柱尺寸越大,破坏应力越大,相应的破坏应变越小^[2]; M Van Zeebroeck 等人运用离散元法 (DEM) 模拟了果品在运输过程中的冲击损伤,分析了果品大小、堆码层数对果品损伤的影响。试验证实,DEM 能够很好地预测果品的损伤情况^[3]; 卢立新

等人以“富士”苹果为对象,研究了不同高度下苹果跌落加速度、最大冲击变形量及残余变形的变化规律,并建立了冲击工况下果实的动态力学模型^[4-5]; 王俊等人以果实硬度表征桃子的成熟度,并研究了桃子成熟度对其力学特性的变化,建立了硬度与恢复系数、能量吸收率和时间特性参数的数学模型^[6]; 腾斌等人以桃子为研究对象,分析了果实硬度对其冲击响应频谱特征的影响,同时研究了果实硬度与贮藏时间的关系^[7]; 卢立新研究了不同冲击加速度下苹果的损伤率变化,提出了果品损伤脆值的新概念^[8]。

上述研究都是针对果品破坏性冲击的瞬间致损机理及损伤规律的研究。实际上,在果品采摘、分级、

收稿日期: 2011-06-07

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划课题(2006BAD30B02); 教育部生态纺织重点实验室开放基金(KLET1011); 中央高校基本科研业务费项目(JUSRP11009); 江苏省品牌特色专业建设项目(2011); 江南大学大学生创新实践项目(2011)

作者简介: 简超(1989—),男,湖北荆门人,江南大学包装工程专业本科生。

通讯作者: 王军(1982—),男,安徽巢湖人,博士,江南大学副教授,主要从事运输包装、食品/农产品储运技术研究。

包装、运输、贮存、销售等各个环节中,其经受的物流环境极其复杂。果品在临界损伤高度下经受的低强度冲击不会导致果品现时损伤,但会导致果品内部组织发生细微变化,从而影响果品的主要品质性能指标和贮藏时间,目前未见相关研究。基于自制试验平台,以洛川富士苹果为研究对象,研究低强度跌落冲击对果品贮藏期及硬度的影响,以期对果品贮运优化与减损设计提供必要的基础。

1 试验

1.1 样品及材料

试验样品是从超市购得的洛川富士苹果。要求大小均匀,外观齐整无损伤。将样品在室温下放置 24 h,选取硬度范围在 $7.8 \sim 8.2 \text{ N/cm}^2$ 的苹果。

1.2 主要仪器及设备

自制摆锤冲击试验仪^[9]见图 1;DASP 信号采集

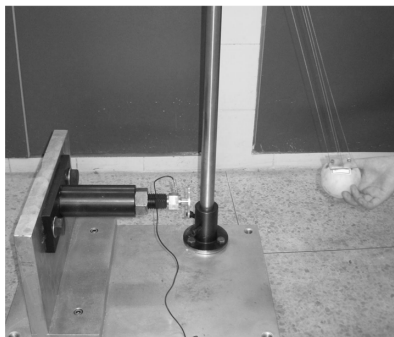


图 1 摆锤冲击试验仪
Fig. 1 Pendulum drop test apparatus

与分析系统(北京东方振动和噪声技术研究所);GY-3 型水果硬度计(北京阳光亿事达,精度: 0.2 N/cm^2);电子天平(梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司,精度: 0.1 mg)。

苹果跌落冲击试验系统见图 2,将力传感器固定在摆锤冲击试验仪上,与冲击台相连,DASP 信号采集器传感器测得信号,并传输到冲击信号分析系统。

1.3 方法

试验步骤为:试验测试样品的临界损伤跌落高度(试验测得为 3.5 cm);在临界跌落高度下选择 h 为 $1, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 \text{ cm}$ 共 5 个高度;每个高度下取 100 个苹果进行跌落试验,并用 DASP 系统记录冲击信号;将跌落过后的苹果放置在标准环境(温度为 23°C ,湿度 50%)下贮藏,并设置一组没有经过跌落的

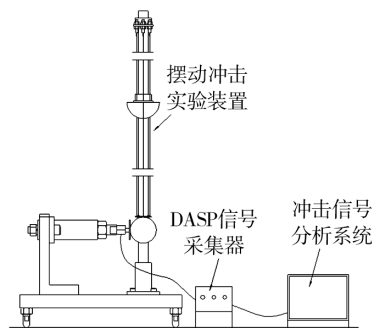


图 2 跌落冲击试验系统
Fig. 2 Schematic of drop test system

苹果作为对照组,在相同环境下贮藏;每天分别取 5 个跌落高度下和对照组中的苹果各 5 个,测量并记录其跌落部位的硬度;最后进行试验数据处理与分析。

2 结果与分析

2.1 低强度跌落对果品硬度的影响

硬度表示被测试物体抵抗硬物体压入其表面的能力。不同的被测试物体材料采用不同的硬度计,其硬度指标的表示亦不同,例如金属材料常用洛氏或布氏硬度计,而橡胶材料则用肖氏硬度计等。测试果实的硬度使用果实硬度计,果实硬度是用水果单位面积承受测力弹簧的压力的比值来表示,单位是 N/cm^2 。分别测量每个跌落高度下的苹果硬度,连续测量 20 d,得到不同跌落高度下苹果硬度随时间变化的关系,见表 1。

表 1 不同跌落高度下苹果硬度随时间的变化关系

Tab.1 Hardness v. s. storage time of apples under different drop heights					N/cm^2
跌落高度/cm	第 1 d	第 5 d	第 10 d	第 15 d	第 20 d
对照组	7.9	7.7	7.4	6.8	6.1
1.0	8.1	7.8	7.4	6.7	5.9
1.5	8.0	7.7	7.1	6.3	5.7
2.0	7.9	7.6	7.0	6.0	5.4
2.5	8.1	7.6	6.9	5.8	5.1
3.0	7.9	7.5	6.5	5.6	4.8

由表 1 中数据可发现:(1)随着贮藏时间的增加,苹果硬度逐渐变小,硬度变化的速率逐渐增大;(2)跌落高度越大,经过 20 d 贮藏后的苹果硬度变化量越大。

2.2 低强度跌落对果品贮藏时间的影响

GB/T 10651^[10]中规定,富士苹果果实硬度应大于 7.0 N/cm²。将测得的苹果硬度对照国标规定,得到不同跌落高度下苹果的贮藏时间,见表 2 和图 3。

表 2 不同跌落高度下苹果的贮藏时间

Tab.2 Shelf-life of apples under different drop heights

跌落高度/cm	对照组	1	1.5	2	2.5	3
贮藏时间/d	14	13	12	10	9	7

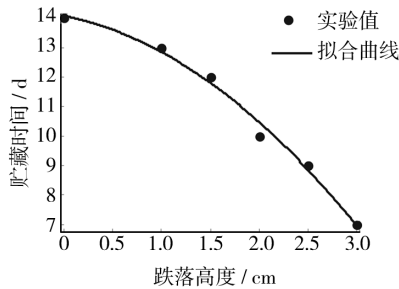


图 3 苹果贮藏时间-跌落高度曲线

Fig.3 The curve of apple storage period v. s. drop heights

用最小二乘法拟合试验数据得到了贮藏时间与跌落高度间的数学关系:

$$t=-0.571\ 4h^2-0.657\ 1h+14\ (R^2=0.991\ 0)\tag{1}$$

式中: t 为贮藏时间(d); h 为跌落高度(cm)。

2.3 不同储藏寿命下的果品最大耐受加速度

试验测得果品在不同跌落高度下的峰值响应加速度,并以对照组苹果贮藏时间作为标准,得到了不同跌落高度下苹果贮藏时间变化率,见表 3。

表 3 不同跌落高度下苹果的峰值加速度与贮藏时间

Tab.3 Peak acceleration and storage period of apples under different drop heights

跌落高度/cm	1	1.5	2	2.5	3
峰值加速度/(m·s ⁻²)	218.55	280.01	328.01	358.01	381.05
贮藏时间变化率/%	7.14	14.3	28.6	35.7	50.0

其中,贮藏时间变化率定义如下:

$$\Delta t=\frac{t_1-t_2}{t_1}\times 100\%\tag{2}$$

式中: t_1,t_2 分别表示跌落前(对照组)与跌落后的贮藏时间(d)。用最小二乘法拟合数据点,得到跌落峰值加速度对苹果贮藏时间变化量的数学表达式,见式(3),拟合效果见图 4。

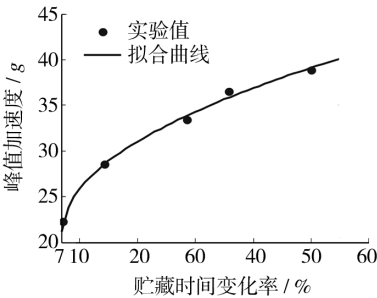


图 4 苹果跌落峰值加速度-贮藏时间变化率曲线

Fig.4 The variance curve of apples' shelf-life v. s. peak acceleration

$$A_c=\frac{0.056\ 81+\sqrt{2.694\Delta t-0.000\ 379\ 889\ 9}}{0.002\ 678}\tag{3}$$

$R^2=0.990\ 7$

式中: Δt 为贮藏时间变化量(d); A_c 为峰值响应加速度(g)。

由图 4 可知,当跌落峰值加速度较小时,苹果的贮藏时间变化率较小,贮藏时间变化不大;随着跌落峰值加速度增大,贮藏时间变化率增大,贮藏时间急剧缩短。

3 结论

1) 在临界损伤高度以下,苹果硬度随贮藏时间增加逐渐变小,硬度变化的速率逐渐增大,跌落高度越大,硬度变化量越大;

2) 当跌落峰值加速度较小时,苹果的贮藏时间变化量增幅较小,贮藏时间变化不大,随着跌落峰值加速度增大,贮藏时间变化量增幅增大,贮藏时间急剧缩短;

3) 苹果跌落过程中最大可承受峰值加速度与贮藏时间的变化率呈现明显的函数关系,传统的产品脆值理论应用于果品,特别是低强度载荷下的冲击致损评价,需要引入贮藏时间变化量这一新变量。对应储藏期为 13 d 时,果品最大耐受加速度为 21.8 g,对应储藏期为 10 d 时,果品最大耐受加速度为 32.8 g,这是果品区别于一般机电产品的生理特性所决定的。

参考文献:

[1] LICHTENSTEIGER M J, HOLMES R G, HAMDY M Y, et al. Blaisdell Impact Parameters of Spherical Viscoelastic Objects and Tomatoes[J]. Transaction of the ASAE,1988,31(2):595—602.

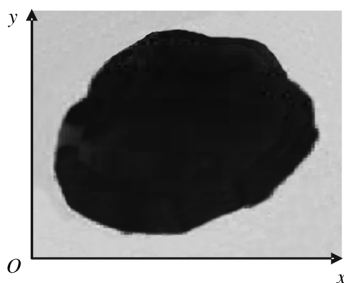


图4 处理后的图像

Fig. 4 The processed image

y_b), 纵坐标极大值与极小值点 $P_c(x_c, y_{\max})$ 和 $P_d(x_d, y_{\min})$ 。

2) 根据公式 $R = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$, 分别计算 $P_a P_b$ 和 $P_c P_d$ 之间的距离 R_{ab} 和 R_{cd} 。

3) 比较 R_{ab} 和 R_{cd} , 令 $R_{\max}$ 取其中较大的值, 即 $R_{\max} = \max\{R_{ab}, R_{cd}\}$ 。

把 $R_{\max}$ 与事先设定的分等数值依次进行比较, 确定出 $R_{\max}$ 所属的等级范围, 从而对该果蔬进行分等, 最后由控制系统下达指令, 将该果蔬运送、分离到指定收集槽中。

4 结语

本生产线通过采集和处理果蔬图像, 计算果蔬尺寸参数, 实现了果蔬的自动分等和包装。生产线由 PLC

控制系统控制, 实现了果蔬间歇传送、图像采集、图像处理、处理结果记录、保鲜膜包装、按等分离的自动化, 适合尺寸在 300 mm 以下的果蔬的分等包装。其包装处理能力约为 1 500 个/小时, 能够自动记录产地、等级、数量、日期等与果蔬相关的信息, 并满足果蔬实际生产的要求。

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] 王亮. 我国蔬菜保鲜包装大发展现状[J]. 中国果菜, 2009(4): 51-52.
- [3] 梁健, 张聪, 吴玉发, 等. 蔬菜洁净保鲜包装成套设备的研究开发[J]. 现代农业装备, 2009(7): 52-54.
- [4] 黄志昌. 自动化生产设备原理及应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2007.
- [5] 薛琴, 陈玮, 蒋雯, 等. 数字图像在零件尺寸测量中的应用[J]. 计算机与数字工程, 2007, 35(7): 117-119.
- [6] 陈兵旗, 孙明. Visual C++ 实用图像处理专用教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- [7] 苏光大. 微机图像处理系统[M]. 北京: 清华大学出版社, 2000.
- [2] BARITELLE A, HYDE G M. Strain Rate and Size Effect on Pear Tissue Failure [J]. Transaction of the ASAE, 2000, 43(1): 95-98.
- [3] Van ZEEBROECK M, TIJSKENS E, DINTWA E, et al. The Discrete Element Method (DEM) to Simulate Fruit Impact Damage during Transport and Handling: Case Study of Vibration Damage during Apple Bulk Transport[J]. Postharvest Biology and Technology, 2005, 41: 92-100.
- [4] 卢立新, 王志伟. 苹果跌落冲击力学特性研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(2): 254-258.
- [5] 卢立新, 王志伟. 跌落冲击下果实动态本构模型的构建与表征[J]. 农业工程学报, 2007, 23(4): 238-241.
- [6] 王俊, 许乃章, 胥芳. 桃子冲击力学特性及其与桃子硬度的数学模型[J]. 农业机械学报, 1994, 25(4): 58-62.
- [7] 王俊, 腾斌. 桃下落冲击动力学特性及其与坚实度的相关性[J]. 农业工程学报, 2004, 20(1): 193-197.
- [8] 卢立新. 跌落损伤脆值及损伤边界[J]. 包装工程, 2005, 26(6): 1-4.
- [9] 潘嘹. 典型果品机械损伤及其防护机理研究[D]. 无锡: 江南大学, 2011.
- [10] GB/T 10651-2008, 鲜苹果[S].

(上接第 19 页)