

食品包装

亚临界载荷对樱桃番茄呼吸强度的影响

张一

(吉林工程职业学院, 四平 136001)

摘要: **目的** 分析单个樱桃番茄在亚临界载荷下受到跌落冲击而发生的延时损伤, 以及这种损伤对果品呼吸强度的影响。**方法** 以樱桃番茄为研究对象, 设计多组跌落高度实验分析其损伤程度与跌落高度的关系, 得出樱桃番茄的临界跌落高度。设计临界高度以下不同高度的对比实验, 然后把跌落后的樱桃番茄放入密封的保鲜盒内, 在相同的条件下间隔时间测量其 CO_2/O_2 浓度的变化。最后, 绘制出跌落高度与呼吸速率的关系图, 根据数据拟合出亚临界载荷强度与呼吸强度关系的数学模型。**结果** 临界高度以下, 樱桃番茄受到损伤冲击后的呼吸速率会发生变化; 跌落高度越高, 在贮藏初始阶段, 樱桃番茄的呼吸速率下降越快, 最后趋于平衡; 跌落高度越高, 呼吸速率越大。**结论** 研究结果对果品包装上的改进具有重要价值。

关键词: 樱桃番茄; 呼吸速率; 亚临界跌落高度; 数学模型

中图分类号: TS206.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)21-0152-05

Effect of Subcritical Load on Breathing Intensity of Cherry Tomatoes

ZHANG Yi

(Jilin Engineering Vocational College, Siping 136001, China)

ABSTRACT: The work aims to analyze the time delay damage of a single cherry tomato caused by drop impact under subcritical load, and the effect of such damage on fruits' breathing intensity. With cherry tomatoes as the research object, a few groups of drop height experiments were designed to analyze the relationship between damage degree and drop height, so as to find out the critical drop height. Contrast experiments at different heights below the critical height were designed. Then the cherry tomatoes dropped were placed in the airtight fresh boxes. CO_2/O_2 concentration under the same conditions were measured at intervals. Finally, a figure of the relationship between the drop height and the respiratory rate was drawn. The mathematical models concerning the relationship between subcritical load strength and breathing intensity were fitted according to the data. The respiratory rate of cherry tomato subjected to damage and impact was changed below the critical height; at the beginning of storage, the higher the drop height was, the faster the respiratory rate of cherry tomato decreased; and it eventually tended to balance. The higher the drop height was, the greater the respiratory rate was. The results of this study will have important values in improving the packaging of the fruits.

KEY WORDS: cherry tomatoes; respiratory rate; subcritical dropping height; mathematical models

近年来随着果品生产的发展, 果品包装行业也得到了较快的发展, 部分外观精美、保鲜效果较好的包装在国内市场形成了一定的影响力, 从而带动

了产业的发展和效益的增长。机械损伤是果品损伤的主要形式, 也是引起病原微生物入侵, 导致果品腐败变质的最主要原因, 机械损伤会使果品迅速腐

收稿日期: 2016-08-04

作者简介: 张一 (1982—), 男, 吉林四平人, 硕士, 吉林工程职业学院讲师, 主要研究方向为作物生物技术。

败, 增加损耗, 引起严重的品质变化。如果贮藏时间较长, 已经腐败变质的果品还会危及到与其接触的其他好的果品, 如此恶性循环就会严重影响果品的整体品质, 制约果品的销售, 带来经济损失。在引起机械损失的众多因素中, 冲击和振动作用是尤为显著的, 也是很多学者研究的对象^[1-4]。

国内外学者对果品冲击损伤做了很多研究^[5-9]。近年来, 采后分级和运输过程中振动与果品损伤的关系也得到了广泛关注^[10-13]。经调研分析发现, 在亚临界载荷下虽然不会立即给果品造成可视的损伤, 但果品的损伤已经造成, 如果人们不能及时发现, 一段时间后果品就会发生腐败现象, 从而造成经济损失。文中研究分析在临界高度下跌落高度对果品呼吸强度的影响, 对果品的缓冲包装设计具有重大的意义。

1 实验

1.1 樱桃番茄临界跌落高度的测定

目前国内外的相关研究大多基于自由跌落试验, 基于实验室试验设备和条件, 文中的研究对象为樱桃番茄, 并采用实验室自制的跌落装置。

1.1.1 材料

实验材料为樱桃番茄, 品种为圣女果, 产地为海南, 大小相差不大, 成熟度一致, 表面光滑, 无虫害和机械损伤。

1.1.2 仪器

实验采用自制跌落装置、电子天平、游标卡尺。

1.1.3 方法步骤

1) 选取成熟度一致、大小相差不大的、表面光滑无机械损伤的樱桃番茄进行实验。

2) 在分级、包装和运输过程中, 跌落高度很少会高于 60 cm, 为了确定临界跌落高度, 选取跌落高度分别为 10, 20, 30, 40, 50, 60 cm。

3) 根据不同的跌落高度设置实验组, 实验前确保每个实验组中樱桃番茄的质量相等, 质量为 (100 ± 0.5) g, 约为 8 个左右的樱桃番茄。测量樱桃番茄的长轴和短轴, 根据椭圆体表面积公式 $S = 2\sqrt{2}b \cdot \sqrt{a^2 + b^2}$ (a , b 分别为半长轴和半短轴) 计算出樱桃番茄的表面积。

4) 根据不同跌落高度分别跌落樱桃番茄, 在

实验过程中确保樱桃番茄垂直跌落, 并避免二次跌落, 保证无初速度释放, 放置一段时间后 (至少 24 h), 观察受损部位的颜色变化, 并量出其直径。根据圆面积计算公式 $S = \pi(\frac{d}{2})^2$, 计算出樱桃番茄受损表面积。根据实验数据计算出不同跌落高度的损伤率, 并分析试验结果, 找到临界跌落高度。

1.2 樱桃番茄呼吸速率的测定

测定方法采用密闭系统法^[14]。密闭系统法一般适用于中低呼吸速率的果蔬, 并且对容器的密闭性要求很高。其呼吸速率计算方程为:

$$R_{O_2} = \frac{(C_{O_2}^{t_i} - C_{O_2}^{t_f}) \times V}{100 \times m \times (t_f - t_i)} \quad (1)$$

$$R_{CO_2} = \frac{(C_{CO_2}^{t_f} - C_{CO_2}^{t_i}) \times V}{100 \times m \times (t_f - t_i)} \quad (2)$$

式中: t_i , t_f 分别为测量的起始和终止时间; $C_{O_2}^{t_i}$, $C_{O_2}^{t_f}$ 分别为测试时前一阶段和该阶段氧气的浓度; V 为密封容器的自由体积; m 为产品质量。

密闭系统法由于被测量容器体积的限制, 很容易消耗完氧气, 出现无氧呼吸, 因而对呼吸速率较大的果蔬不太适宜, 而且密封性是否良好也会影响果蔬呼吸速率的测量精度。

1.2.1 实验材料与仪器

实验材料为塑料密封盒(1000 ml)、硅胶密封垫。仪器为 O_2/CO_2 顶部空气分析仪和实验室自制跌落装置。

1.2.2 步骤

1) 实验前称取等质量的樱桃番茄, 其质量为 (100 ± 0.5) g, 保证每个实验组中的 3 个小实验组质量相等, 对每个实验组进行编号 1-a, 1-b, 1-c, 2-a, 2-b, 2-c, ...

2) 根据上一个实验测定的临界高度 20 cm, 确定 3 个亚临界高度 (5, 10, 15 cm)。

3) 用实验室自制跌落装置分别按跌落高度 5, 10, 15, 20 cm 跌落, 然后放进保鲜盒里密封。

4) 间隔特定的时间(1, 2, 3, 6, 12, 12, 24, 24, 24, 24, 24, 24 h)测量每个试验小组保鲜盒内 O_2/CO_2 的气体浓度。为了尽量减小由于仪器抽取气体带来的误差, 每个小实验组又包括 3 个保鲜

盒, 每次测量时测量不同的保鲜盒。

5) 实验数据的记录和分析。求出不同跌落高度下樱桃番茄的呼吸速率, 并分析两者之间的关系。

2 数据处理与分析

2.1 樱桃番茄临界跌落高度测定结果

经跌落的樱桃番茄在外观上改变程度很小, 在放置一段时间后, 损伤部位的果肉会软化, 颜色会变深, 见表 1。可知, 跌落高度越高, 樱桃番茄的损伤面积率越大, 损伤程度越大。当 EBI 指数达到 0.10 时, 果品处于微伤的损伤程度, 已经失去了经济价值, 所以把樱桃番茄的临界跌落高度确定为 20 cm。

表 1 损伤程度和跌落高度关系

Tab.1 The relationship of damage degree and the height

跌落高度/cm	平均损伤率/%	EBI 指数	损伤程度
10	6.02	0.05	微伤
20	9.82	0.10	微伤
30	16.68	0.25	轻伤
40	22.34	0.33	轻伤
50	35.80	0.48	轻伤
60	42.38	0.72	中伤

2.2 樱桃番茄呼吸速率检测结果与分析

测定不同跌落高度下樱桃番茄的 O_2 浓度的平均值 $\phi(O_2)$, 并计算呼吸速率 $R(O_2)$, 见表 2, 图 1。

通过上述实验可知, 樱桃番茄的呼吸速率随着贮藏时间的增加而降低, 最后趋于平衡, 且在开始的一段时间内下降显著, 跌落高度越高, 下降趋势越明显, 达到平衡状态的时间缩短, 跌落高度越高, 樱桃番茄的呼吸速率越大, 见图 2。

密闭法是根据容器内果品呼吸达到平衡状态时的气体浓度变化做为果蔬呼吸速率的^[14—15]。由于测试时存在时间上的滞后, 所以测试的浓度会比实际的浓度有偏差, 每次测量的 O_2 浓度值比实际消耗 O_2 值要小。

2.3 亚临界载荷强度与呼吸强度关系的数学模型

由通用公式: $R(O_2)=ax^b+c$, $b=-0.25$ 。建立亚临界载荷强度与呼吸强度关系的数学模型, 见图 3。

得到 $a-h$ 关系公式: $a=-0.01783h^2-0.06303h+39.36$, 得到 $c-h$ 关系公式: $c=0.001101h^3-0.01897h^2+0.259h-8.094$, 见图 4—5。最后得到亚临界载荷强度与呼吸强度的数学建模: $R(O_2)=(-0.1783h^2-0.06303h+39.36)x^{-0.25}+(0.001101h^3-0.01897h^2+0.259h-8.094)$ 。

表 2 不同跌落高度下樱桃番茄的呼吸速率随时间的变化

Tab.2 The change of respiration rate with time in different drop height

时间/h	跌落高度/cm									
	0		5		10		15		20	
	$\phi(O_2)/\%$	$R(O_2)/(\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1})$	$\phi(O_2)/\%$	$R(O_2)/(\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1})$	$\phi(O_2)/\%$	$R(O_2)/(\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1})$	$\phi(O_2)/\%$	$R(O_2)/(\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1})$	$\phi(O_2)/\%$	$R(O_2)/(\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1})$
0	20.0		20.0		20.0		20.0		20.0	
1	19.7	30.0	19.7	30.0	19.7	30.0	19.7	30.0	19.7	30.0
3	19.2	25.0	19.2	25.0	19.2	25.0	19.2	25.0	19.3	20.0
6	18.6	20.0	18.7	16.7	18.7	16.7	18.8	13.3	18.8	16.7
12	18.0	10.0	18.1	10.0	18.0	11.7	18.0	13.3	17.9	15.0
24	17.0	8.3	17.0	9.2	17.0	8.3	16.9	9.2	16.7	10.0
36	16.1	7.5	16.0	8.3	16.1	7.5	15.9	8.3	15.6	9.2
60	14.8	5.4	14.6	5.8	14.8	5.4	14.4	6.3	14.0	6.7
84	13.6	5.0	13.4	5.0	13.5	5.4	13.0	5.8	12.5	6.3
108	12.5	4.6	12.4	4.2	12.5	4.2	11.6	5.8	11.0	6.3
132	11.5	4.2	11.4	4.2	11.5	4.2	10.2	5.8	9.5	6.3
156	10.6	3.8	10.4	4.2	10.5	4.2	8.8	5.8	8.0	6.3
180	9.7	3.8	9.4	4.2	9.5	4.2	7.4	5.8	6.5	6.3

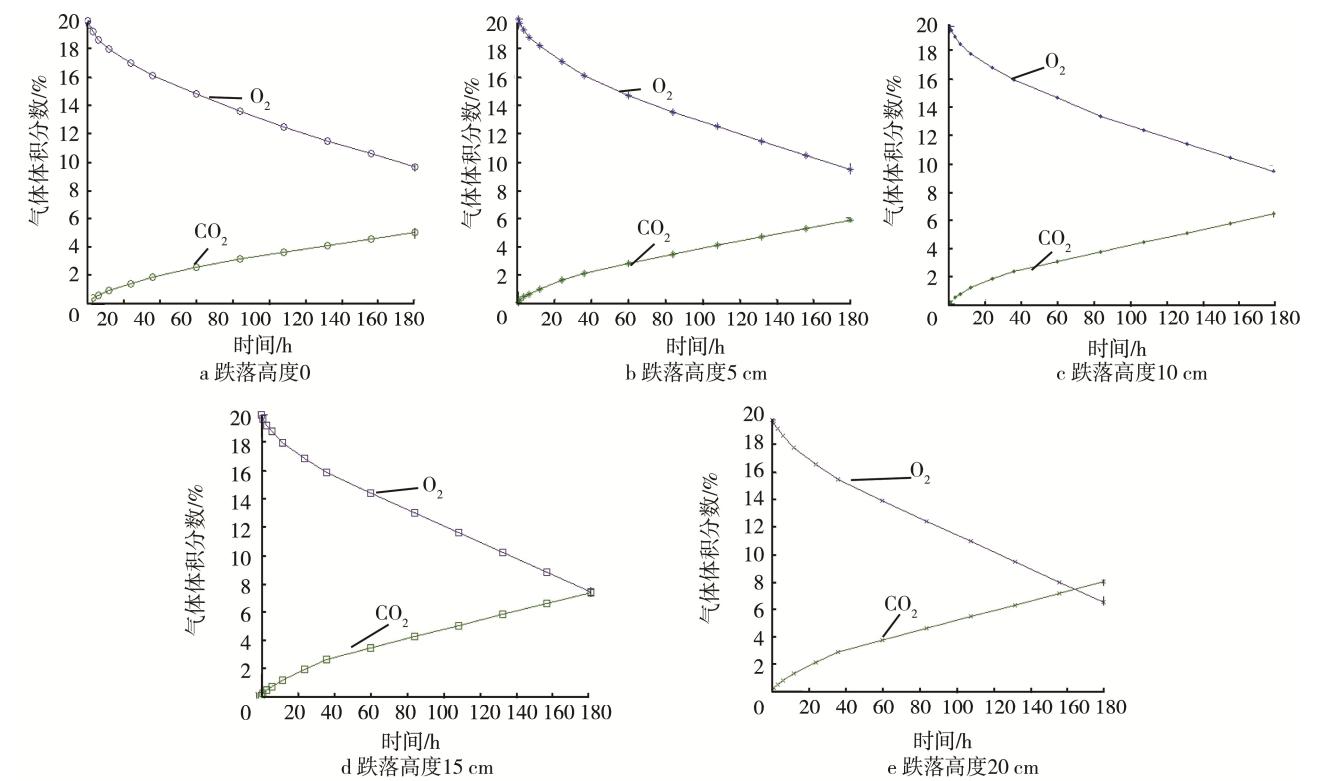


图 1 气体浓度与跌落高度的关系
Fig. 1 The relationship of gas concentration and drop height

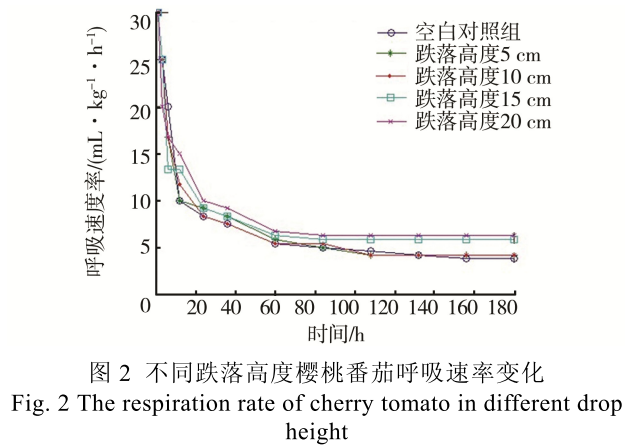


图 2 不同跌落高度樱桃番茄呼吸速率变化
Fig. 2 The respiration rate of cherry tomato in different drop height

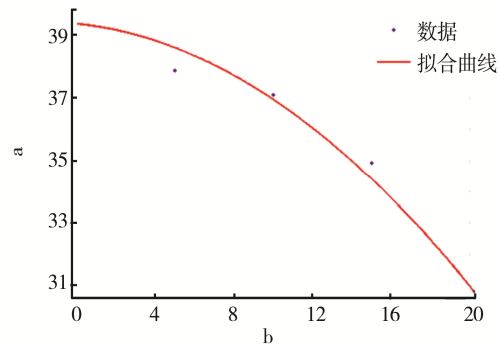


图 4 $a-h$ 拟合曲线
Fig. 4 A-H curve fitting

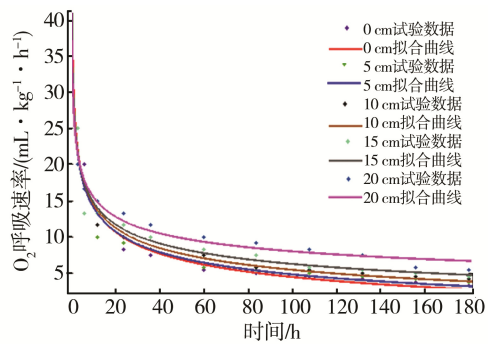


图 3 跌落高度与呼吸速率关系的数学建模
Fig. 3 The mathematical modeling of the relationship of dropping high and respiration rate

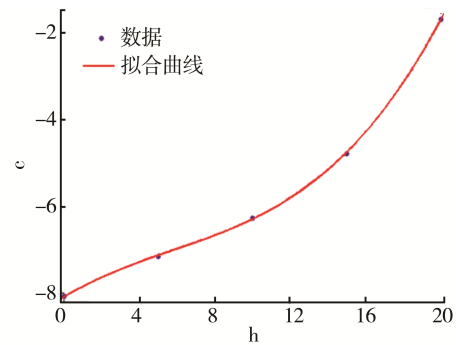


图 5 $c-h$ 拟合曲线
Fig. 5 $c-h$ curve fitting

3 结 语

研究了亚临界载荷对樱桃番茄呼吸强度的影响,在一系列亚临界跌落高度实验和空白对照组的研究基础上,基于理论与试验进行了分析总结,可以得到以下结论。

1) 根据不同跌落高度下樱桃番茄的损伤率,结合 EBI 损伤指数表征每个试验组总体的损伤程度,认定樱桃番茄出现微伤的损伤程度 EBI 指数值为 0.1 时的跌落高度为临界跌落高度。

2) 临界高度以下,樱桃番茄受到损伤冲击后的呼吸速率会发生变化,跌落高度越高,在贮藏开始阶段,樱桃番茄的呼吸速率下降越快,最后趋于平衡,而且跌落高度越高,呼吸速率越大。

在亚临界高度下跌落,虽然果品没有表现出受到损伤,但是却已造成了对果品品质不可逆转的影响,所以对在果品处于轻微损伤的情况下进行包装改进有一定的意义。

参考文献:

- [1] 应铁进. 果蔬贮运学[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2001.
Ying Tie-jin. Storage and Transportation of Fruit and Vegetable[M]. HangZhou: Zhejiang University Press, 2001.
- [2] LICHTENSTEIGER M J, HOLMES R G, HAMDY MY, et al. Blaisdell Impact Parameters of Spherical Visco Elastic Objects and Tomatoes [J]. Transaction of the ASAE, 1988, 31(2): 595—602.
- [3] BARITELLE A, HYDEG M. Strain Rate and Size Effects on Pear Tissue Failure [J]. Transaction of the ASAE, 2000, 43(1): 95—98.
- [4] Van ZEEBROECK M, TIJSKENSE, DINTWAE, 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.
- [5] 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.
LU Li-xin, WANG Zhi-wei. Dropping Impact Mechanical Characteristics of Apple[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(2): 254—258.
- [6] 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.
LU Li-xin, WANG Zhi-wei. Dynamic Nonlinear Viscoelastic Model for the Fruits under Dropping Impact[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(4): 238—241.
- [7] 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.
WANG Jun, XU Nai-zhang, XU Fang. Impact Characteristics of Peach and Mathematical Models of Its versus Firmness of Peach[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery, 1994, 25(4): 58—62.
- [8] 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.
WANG Jun, TENG Bin. Drop Impact Dynamic Characteristics and Relationship between Its Characteristics and Firmness for Peach[J]. Transactions of the CSAE, 2004, 20(1): 193—197.
- [9] 卢立新. 跌落损伤脆值及损伤边界[J]. 包装工程, 2005, 26(6): 1—4.
LU Li-xin. Dropping Bruise Fragility and Bruise Boundary [J]. Packaging Engineering, 2005, 26(6): 1—4.
- [10] 孙骊, 吴竞爽, 仇农学, 等. 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 Jing-Shuang, QIU Nong-xue, et al. The Law of Apple Damage Caused by Vibrating and Its Damage Evaluation[J]. ACTA Universitatis Agriculturae Boreali-occidentalis, 1994, 22(1): 78—83.
- [11] 申琳, 生吉萍, 罗云波. 运输中的机械损伤对贮藏初期苹果活性氧代谢的影响[J]. 中国农业大学学报, 1999, 4(5): 107—110.
SHEN Ling, SHENG Ji-ping, LUO Yun-bo. Influence of Mechanical Stress on the Active Oxygen Metabolism System of Apple during Transportation[J]. Journal of China Agricultural University, 1999, 4(5): 107—110.
- [12] 刘明池, 陈杭, 小岛孝之. 不同土壤水分条件下草莓果实模拟贮运中的损伤易感性[J]. 果树学报, 2005, 22(3): 238—242.
LIU Ming-chi, CHEN Hang, KOJIMO T. Study on the Fruit Injury Susceptibility of Strawberry Grown under Different Soil Moisture in Storage and Transportation[J]. Journal of Fruit Science, 2005, 22(3): 238—242.
- [13] 康维民, 肖念新, 蔡金星, 等. 模拟 3 自由度振动条件下水果运输振动加速度传递率及损伤研究[J]. 农业工程学报, 2003, 19(6): 219—222.
KANG Wei-min, XIAO Nian-xin, CAI Jin-xin. Vibrating Acceleration Transmissibility and Fruit Bruise in Simulating Three Degree of Freedom Vibration System[J]. Transactions of the CSAE, 2003, 19(6): 219—222.
- [14] 朱永. 果蔬呼吸速率测定方法改进及气调包装设计方法研究[D]. 无锡: 江南大学, 2012.
ZHU Yong. Improvement on Measuring Method of Fruit and Vegetable Respiration Rate and Research[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2012.
- [15] 朱永, 卢立新. 试验条件对圣女果呼吸速率测定的影响[J]. 包装工程, 2012, 33(3): 27—30.
ZHU Yong, LU Li-xin. Influence of Test Conditions on Determining the Respiration Rate of Cherry-tomato[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(3): 27—30.