

牛建会, 田海川. 球形甘蓝差压通风预冷试验[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(6): 377-379.

球形甘蓝差压通风预冷试验

牛建会, 田海川

(河北建筑工程学院, 河北张家口 075000)

摘要:建立差压预冷实验台,在不同条件下对球形甘蓝进行差压预冷试验,测试不同降温时刻的甘蓝中心温度,并将实测温度进行多项式回归拟合,计算甘蓝中心温度在预冷降温至 6 h 的均匀性。结果表明:在初始阶段,开孔方式对甘蓝中心温度影响不大,且降温速度均较缓慢,但随着预冷时间延长,降温速率逐渐加快,且不同开孔方式下降温速率差别较大,其中外部开孔为 40 个孔的甘蓝中心降温最快;拟合至中心温度与预冷时间呈 4 次方时,其标准差为 0.292 8,模拟值与实际值很接近;外部开孔为 40 个孔的降温均匀性最好,该种方式在果蔬差压预冷中应优先考虑采用。

关键词:球形甘蓝;差压通风预冷;降温速率;预冷均匀度

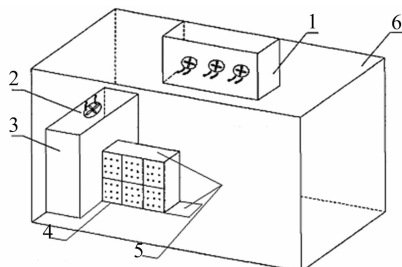
中图分类号: S37 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)06-0377-03

差压预冷是强制通风预冷的一种方式,是利用预冷箱一侧差压风机的抽吸作用,在包装箱两侧形成一定压力差,使冷空气经预冷箱两侧通风孔强制通过预冷箱内部,与果蔬表面直接进行换热,从而使果蔬快速、均匀地冷却到工艺要求温度范围内的预冷方法。差压预冷装置仅是在普通冷库基础上增加 1 个静压箱和 1 个差压风机,结构简单且易于应用,但预冷箱的开孔形状、大小、数量会直接影响冷风在包装箱内的分布及压降,也会影响预冷效果。本研究对甘蓝进行差压通风预冷试验,旨在得出甘蓝在不同开孔方式下的预冷效果。

1 材料与方法

在差压预冷库中采用图 1 所示的装置进行试验,冷空气在差压风机的抽吸作用下经过外部两侧通风孔进入预冷箱内部,与球形甘蓝进行强制对流换热。

单个预冷箱的外形尺寸为 500 mm × 330 mm × 280 mm,共 6 个,按图 1 所示垛码在一起,在垂直于气流方向的 2 个侧面各开有相同的若干个通风孔,其开孔方式如图 2 ~ 图 5 所示,图 2 ~ 图 5 中长度单位是 mm; R_{40} 、 R_{30} 分别表示半径为 40、30 mm。



1—冷风机; 2—差压风机; 3—静压箱; 4—包装箱;
5—帆布; 6—冷库

图1 差压通风预冷试验装置

冷库内空气温度设定为 1 ± 0.5 °C,湿度为 85% ~ 95%,差压风机频率设定为 55 Hz;试验用球形甘蓝均来自田间新鲜样品。

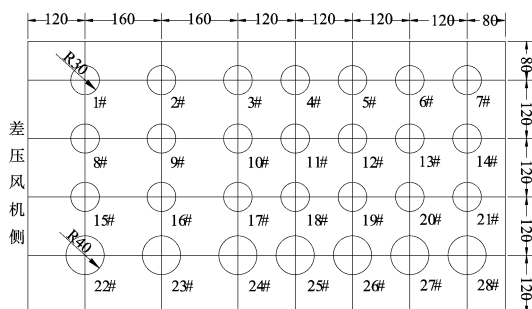


图2 具有28个孔的开孔方式

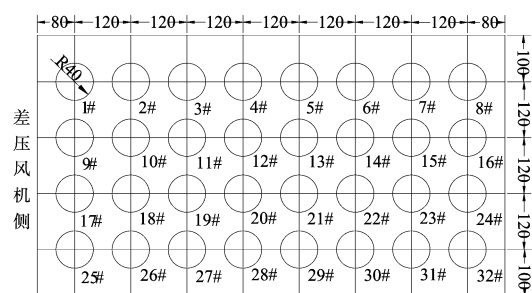


图3 具有32个孔的开孔方式

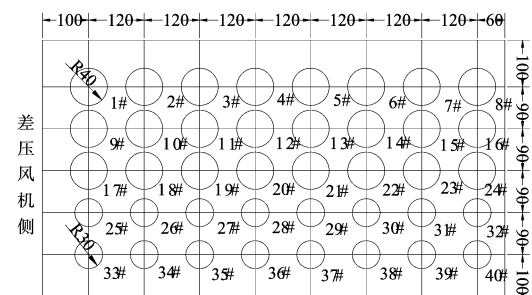


图4 具有40个孔的开孔方式

收稿日期: 2012-12-27

作者简介: 牛建会(1981—), 女, 河北保定人, 硕士, 讲师, 研究方向为制冷及节能技术。E-mail: njh.tianjin@yahoo.com.cn。

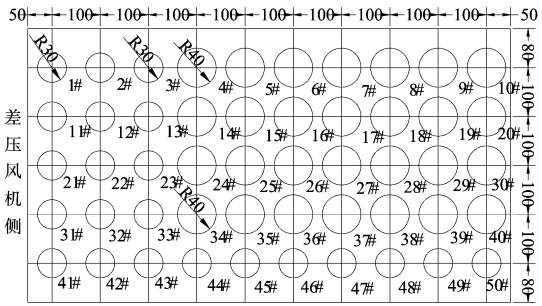


图5 具有50个孔的开孔方式

在每个预冷箱内布置 2 层按照平方间隔排列方式排列的甘蓝,从下往上依次记为第 1 层、第 2 层,每层甘蓝编号如图 6 所示。甘蓝中心温度采用直径为 0.2 mm 的铜 - 康铜热电偶并经多点温度巡检仪(美国 Agilent 仪器有限公司生产的数字式六十通道自动巡回检测仪)测定。

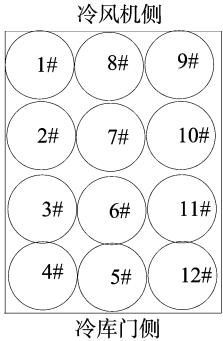


图6 周转箱内各层甘蓝编号及位置

2 结果与分析

2.1 开孔方式对甘蓝中心温度的影响

预冷速度越快,去除果蔬田间热量时间越短,越有利于抑制其呼吸作用,保持果蔬品质。4 种开孔方式下,预冷箱内不同位置处甘蓝中心温度变化过程如图 7 至图 12 所示。

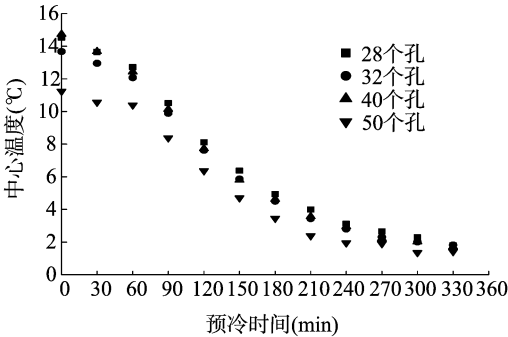


图7 1#箱第1层2#菜中心温度

从图 7 至图 12 可见,在预冷初始阶段,外部开孔方式对降温速度影响不大,降温速率均较缓慢。例如图 7 中,降温至 30 min 时,4 种开孔方式下的降温值依次为 0.87、0.72、1.07、0.68 ℃,最大降温幅度与最小降温幅度的差值为 0.39 ℃;而预冷到 40 min 时,最大降温幅度与最小降温幅度差值仅为 0.60 ℃。

随着预冷时间的增加,降温速率加快,且各开孔方式间的降温速率开始出现较明显差距。其中外部开孔为 40 个孔的

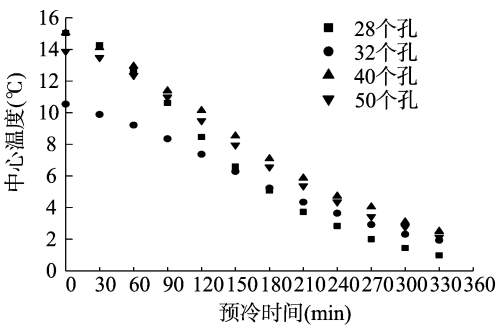


图8 5#箱第1层2#菜中心温度

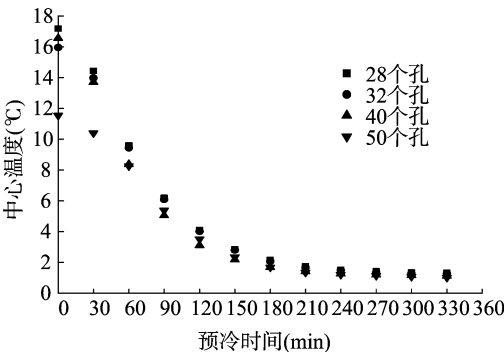


图9 2#箱第1层6#菜中心温度

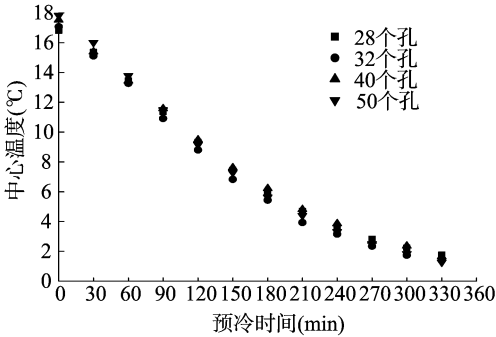


图10 6#箱第1层6#菜中心温度

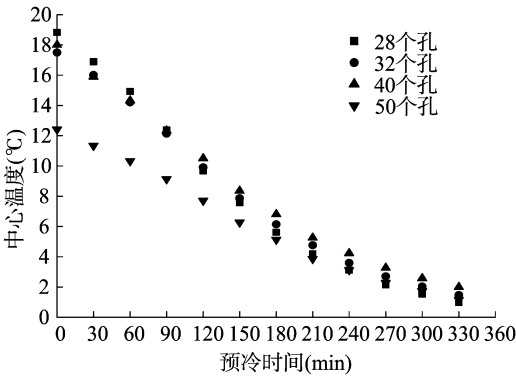


图11 6#箱第2层2#菜中心温度

降温曲线斜率最大,表明此种开孔方式下降温速率最大。例如,图 7 中 1#箱第 1 层 2#甘蓝中心温度,在预冷至 60 min 时,外部开孔为 40 个孔的降温值为 2.32 ℃,降温幅度最大,而外部开孔为 50 个孔的降温值为 0.85 ℃,二者相差 1.47 ℃;当预冷时间增至 120 min 时,外部开孔为 40 个孔的降温值为 7.01 ℃,降温幅度依然最大,外部为 28 个孔的降温值为

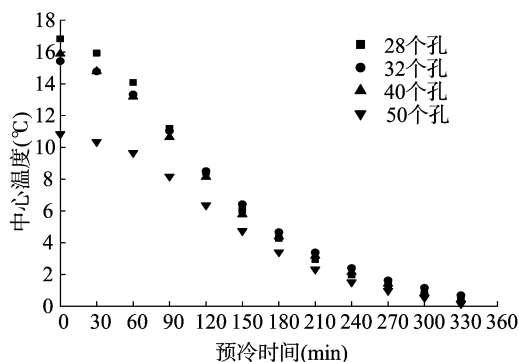


图12 4#箱第2层6#菜中心温度

4.41 °C, 其降温幅度最低, 两者相差 2.60 °C。图 9 中 2#箱第 1 层 6#甘蓝中心温度, 当预冷时间为 30 min 时, 4 种开孔方式下降温值依次为 2.76、1.98、2.85、1.15 °C, 外部开孔为 40 个孔的降温幅度最大, 其与最小降温幅度的差值为 1.70 °C; 当预冷时间增至 150 min 时, 外部开孔为 40 个孔的降温幅度依然为最大, 其温度已经降低至 2.17 °C, 基本达到了降温要求。从其他图中也可发现相同的降温特点, 由此可见外部开孔为 40 个孔的方式在预冷过程中降温速率最大, 应优先考虑采用。

2.2 开孔方式对预冷均匀性的影响

本研究采用均匀度体现不同开孔方式对不同位置甘蓝预冷均匀性的影响, 其数学表达式为^[1]:

$$\sigma = \frac{1}{t} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}$$

式中: \bar{t} 为各测点平均温度, $\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$; t_i 为各测点甘蓝中心温度; σ 为均匀度; n 为测点个数。

σ 值越小, 表示温度分布越均匀, 预冷均匀的果蔬可以减少储运过程中由于相互传热回温造成的果体温度波动, 较好地保持果蔬鲜度, 防止腐烂^[2]。表 1 是 4 种不同开孔方式下, 6 个周转箱内第 1 层甘蓝 24 个测点冷却 240 min 时的温度分布均匀度。由表 1 可知, 外部为 40 个孔的方式均匀度最小, 其均匀性最好。

表1 4种开孔方式下的均匀度对比

开孔数量(个)	均匀度
28	1.005
32	0.822
40	0.813
50	0.974

2.3 温度随时间变化的多项式拟合

温度随时间变化的多项式回归拟合形式是:

$$Y = b_0 + b_1 X + b_2 X^2 + b_3 X^3 + \dots + b_k X^k。$$

对于给定的数据组 (X_i, Y_i) , $i = 1, 2, \dots, N$, X 为自变量, Y 为因变量。本研究将预冷时间视为自变量, 各时刻中心温度值视为因变量, 将开孔方式为 40 个孔时 2#箱第 1 层 6#菜中心温度进行拟合, 其拟合公式为:

$$Y = 17.2875 - 0.1150X + 1.4448 \times 10^{-4} X^2 + 7.2850 \times 10^{-7} X^3 - 1.6819 \times 10^{-9} X^4。$$

此时标准差为 0.2928, 模拟值和实测值很接近(图 13)。其他位置处甘蓝中心温度拟合至时间的 4 次方时, 也已和实测值很接近, 只是系数不同。由此可见, 甘蓝中心温度和预冷时间呈 4 次方幂即可。

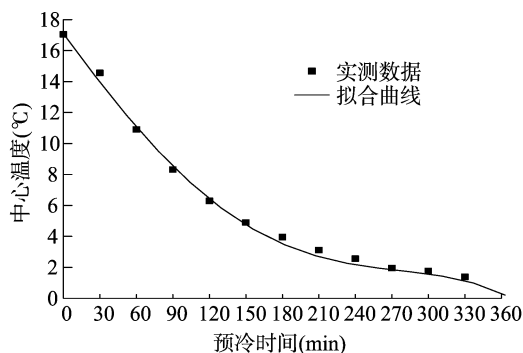


图13 拟合曲线与实测数据吻合程度

3 结论

预冷降温速度和均匀性是保证果蔬品质的关键, 本研究在 4 种不同开孔方式下对甘蓝进行差压预冷降温试验, 结果表明: 在预冷初始阶段, 开孔方式对甘蓝中心温度影响不大, 降温速率差距不大, 但随着预冷时间的延长, 降温差距越来越大, 通过分析甘蓝预冷过程中心温度降温特点, 可知外部开孔方式为 40 个孔的预冷速度最快。通过多项式拟合得出了甘蓝中心温度随预冷时间变化的函数关系, 拟合至预冷时间的 4 次方时已和实际温度足够接近。外部开孔方式为 40 个孔时各预冷箱内甘蓝预冷均匀性最好。综合甘蓝预冷特点和预冷均匀性可知, 外部开孔应优先考虑采用 40 个孔, 此种开孔方式的特点是在 2 个侧面开 8 列、5 排共 40 个孔, 其中最下面 2 排孔较小, 其孔径均为 30 mm, 而其余孔径均为 40 mm, 开孔率为 29.6%。

参考文献:

- [1] 庄楚强, 何春雄. 应用数理统计基础[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2006: 34.
- [2] 王 强, 陈焕新, 董德发. 黄金梨差压预冷送风速度的选择[J]. 制冷学报, 2008, 29(4): 59-62.