

小型果蔬产地预冷装置的研究与试验

王倩, 戴绍碧, 徐妮 (广东石油化工学院, 广东茂名 525000)

摘要 分析了开发适合单体农户使用的小型产地预冷装置的必要性, 并提出了产地预冷装置的技术要求。在此基础上, 设计了一种预冷箱体与制冷设备可分离的小型产地预冷装置。以注水不锈钢小球为被冷却对象, 在设置的预冷箱体中进行单层钢球、多层钢球的冷却试验。结果表明, 在单层钢球试验中, 钢球的温度变化规律可以用指数方程进行拟合, 其方程为 $y = 22.57e^{-0.0023x}$, 判定系数 $R^2 = 0.9487$, 在冷却过程中, 1/2、3/4、7/8 预冷时间分别为 39、70 和 104 min。在多层钢球试验中, 上层钢球温度下降最快, 下层钢球温度下降最慢, 最上层钢球的降温情况与单层钢球的预冷情况相同, 接近于指数变化规律, 拟合后的曲线方程为 $y = 27.117e^{-0.0059x}$, 判定系数 $R^2 = 0.9122$; 最下层的温度变化近似为直线规律, 拟合后的方程为 $y = -0.1098x + 25.619$, $R^2 = 0.9667$; 温度由最上层至最下层逐次上升, 在实际应用中, 应以下层果蔬的温度值作为是否达到预冷温度设定值来进行控制; 1/2、3/4、7/8 预冷时间分别为 55、91 和 130 min。该研究可为产地预冷设备的研发提供参考。

关键词 产地预冷; 果蔬保鲜; 预冷时间; 冷风; 隔热箱体; 制冷设备

中图分类号 S377; S229⁺.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2012)09-05288-03

Test and Study on Small-scale Precooling Equipment Used in Fruit and Vegetable Producing Area

WANG Qian et al (Guangdong University of Petrochemical Technology, Maoming, Guangdong 525000)

Abstract The necessity of developing small-scale precooling equipment for monomer farmers was analyzed, the technical requirements of precooling equipment were pointed out. On the basis of this, a new kind of small-scale precooling equipment in which cooling package is separated from refrigeration machine was proposed, single-layer and multi-layer experiments were done in an insulation package using stainless steel balls filled with water as study material. The results showed that, in single-layer experiment, the temperature variation law of stainless steel balls could be fitted with an equation of $y = 22.57e^{-0.0023x}$, determination coefficient $R^2 = 0.9487$, 1/2, 3/4, 7/8 precooling time 39, 70 and 104 min respectively. In multi-layer experiment, the temperature of up layer balls decreased fast, while bottom balls decreased slowest. The temperature decreasing situation of topside balls was similar with that of single-layer balls, approaching to index variation law, the fitted curve equation was $y = -0.1098x + 25.619$, $R^2 = 0.9667$; temperature increased from topside layer to lowest layer, so the bottom layer fruit and vegetable temperature should be viewed as the index whether up to setting value; 1/2, 3/4, 7/8 precooling time were 55, 91 and 130 min. The study will provide reference for development of precooling equipment in producing area.

Key words Precooling in producing area; Fruit and vegetable preservation; Precooling time; Cooled air; Insulation package; Refrigeration equipment

新鲜水果蔬菜具有丰富的营养, 是人们生活中不可缺少的营养保健食品, 但我国每年果蔬损失浪费率十分惊人。国家农产品保鲜工程技术研究中心研究发现, 我国每年生产的果蔬从田间到餐桌, 损失率高达 25%~30%, 年损失价值近 800 亿元人民币, 而发达国家果蔬损失率则普遍控制在 5% 以下^[1], 这与我国果蔬产后保鲜、冷链物流产业发展滞后直接相关。预冷是冷链的第 1 环, 是指采后果实冷藏或冷链贮运前, 进行低温处理, 使产品快速冷却到适宜温度的预先冷却过程。预冷的目的是在产品采收之后和贮运之前, 迅速排除果蔬采后的田间热, 降低果蔬呼吸代谢, 减少水分损失和病原体侵染。预冷可以延缓果实成熟和变质进程, 同时还可以减轻冷藏库和运输设备的制冷负荷, 是保证产品质量、节约能源的一项重要措施。在发达国家预冷已成为采摘后必不可少的第一道工序, 得到了广泛的使用^[2]; 但在我国, 预冷技术的应用还较少, 预冷装置尤其是产地预冷装置的研究开发有着广阔的应用前景。

1 开发产地预冷设备的必要性和技术要求

1.1 必要性 对果蔬的研究表明, 采收以后是果蔬含热量最大的时期, 热量主要是由产品的田间热和产品不断释放出的呼吸热造成的, 采收以后的数小时, 是果蔬品质变化最大

的阶段, 在这一时段, 如能及时提供低温, 进行预冷处理, 可很好地提高果蔬的保鲜期和延长货架期。如果经过几个乃至十几个小时后再预冷, 效果将大大降低, 因为此时果蔬的品质已经降低, 预冷的意义已不大^[3], 所以在产后快速及时地进行预冷是极其重要的。目前我国果蔬的预冷一般都是在传统冷库中进行, 对于果蔬产量大的农场, 可以将预冷冷库建在农场旁甚至农场内, 这样预冷的效果很好。但我国目前也有很多果蔬的生产方式是以个体农户为主, 生产规模不大, 地点多处于农村或郊区, 这种由个体农户生产的果蔬, 目前的预冷方式一般是农户在采收果蔬后, 先运输到附近的收购站集中, 然后再进入冷库进行预冷, 时间周期较长。预冷的关键在于“快”, 而现有的集中冷库预冷方式不能满足预冷最佳时间的要求, 所以发展适合于个体农户在果园或菜地旁使用的小型产地预冷装置是非常有必要的。现有的产地预冷方式主要是冰水预冷, 可分为浸泡式和喷淋式 2 种^[4]。浸泡式是将水和冰一起放置在一个大容器中, 让水和冰充分混合得到温度接近 0℃ 的冰水混合物, 直接将果蔬箱放入冰水中浸泡一段时间, 待果蔬温度降低后取出; 喷淋式是将大量的冷水连续喷淋到产品表面, 然后汇集到底部的水箱, 经过滤、冷却后循环使用。冰水预冷方式虽然简单易行, 但冷水容易导致病害发生和增加腐烂。此外, 也有一些可在产地使用的真空预冷设备^[4], 将果蔬放置在密闭容器中进行减压, 果蔬本身水分蒸发带走大量蒸发潜热而被冷却, 真空预冷速度快, 但设备操作复杂, 而且价格昂贵, 并不适合在我国广大

基金项目 广东省科技计划项目(2008B021200004)。

作者简介 王倩(1973-), 女, 江西南昌人, 副教授, 硕士, 从事制冷与空调技术研究, E-mail: wq73618@126.com。

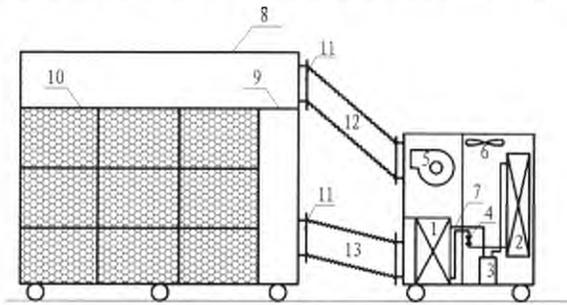
收稿日期 2011-12-22

农村个体农户果蔬产地使用。

1.2 技术要求 开发针对个体农户使用的产地预冷装置应满足以下技术要求:①个体农户使用的预冷装置因处理量不大,小型化是其基本要求;②由于产地条件相对简陋,一般只有生活用电,没有三相电源,预冷装置的冷源不宜采用大功率电力的机械制冷方式;③由于果蔬具有季节性,采收时间短,设备全年使用时间很短且集中,因此设备应尽量简单,维护方便,易于搬运存放;④预冷后的果蔬需能安全方便地运输到冷库进行贮藏或进入后续冷链环节;⑤设备应投资少,操作方便。

2 一种小型果蔬预冷装置的设计

针对产地预冷装置的要求,笔者设计了一种小型果蔬产地预冷装置,该装置改变了以往果蔬预冷在冷库中进行的模式,使预冷能在各分散的果园和菜地中进行,保证果蔬在采摘后迅速降低温度,延长保鲜期,装置示意图如图1所示。



注:1 蒸发器;2 冷凝器;3 压缩机;4 节流机构;5 蒸发器风机;6 冷凝风扇;7 制冷剂管路;8 预冷箱体;9 隔板;10 果蔬箱;11 活动接头;12 送风管;13 回风管。

图1 小型果蔬产地预冷装置示意

果蔬产地预冷装置由制冷设备和预冷箱体组成。制冷设备主要由蒸发器、冷凝器、压缩机、节流机构、控制系统及相应的连接管道等组成。因为在绝大多数果蔬产地只能提供220V电源,所以电源设计与产地的使用条件相符,也采用220V电源作为动力,制冷设备放置在采后果蔬集中存放的位置。预冷箱体由彩钢夹芯板制成,具有良好的保温隔热性能。果蔬采摘后,按照一定的摆放方式放在预冷箱体中,根据果蔬种类不同设置不同的预冷温度,制冷设备通过风管与预冷箱体相连,向箱体送入冷风,使果蔬温度逐渐降低。当果蔬温度达到要求的预冷温度时,制冷设备停止运行。预冷箱体的进风口与冷风管道的连接为可拆卸式活动接头,将该连接断开,用保温盖板封住2个接口,则预冷箱体就成为了一个装载有果蔬的独立隔热箱体,可运输至冷库进行后续处理。机械制冷设备放置在产地,一个制冷机组可配多个预冷箱体以提高设备利用率,根据需要也可将整套预冷装置转移。

3 预冷箱体冷风预冷的效果研究

为探讨送入冷风对果蔬预冷的影响规律,采用外部冷源提供冷风研究预冷箱体的预冷效果。不同果蔬的呼吸热和比热容各不相同,但新鲜果蔬一般含有很高的水分(85%~95%)^[5],因此果蔬比热与水的比热相近,都在4 kJ/(kg·℃)附

近,所以试验中用内部注满水的空心不锈钢小球进行试验,小球外径为38 mm,壁厚为0.3 mm。

3.1 预冷箱体结构及温度采集 该预冷箱体由彩钢夹芯板制成,正面开门,箱体结构如图2所示,外型尺寸为1 000 mm×800 mm×1 500 mm,进风口设置在箱体的顶部,出风口设置在箱体的下侧面,进风口均为直径200 mm的圆孔,通过直径200 mm的PVC圆管与冷源连接。为保证气流能够均匀地流过果蔬,在箱体内部设置上下均风板,孔径10 mm,正方形排列,2孔中心之间距离为20 mm,上均风板与顶面之间距离为100 mm,下均风板与底面的间距为400 mm。小钢球内布置6个温度测点,各点温度由美国产OMEGA牌直径为0.25 mm的铜-康铜T型热电偶测量。热电偶插在不锈钢小钢球内部的水中,经美国安捷伦科技有限公司产Agilent34970A型数据采集仪(20个测点)采集并输送到电脑中,用Labview软件编制相应的程序,每20 s自动记录数据1次。

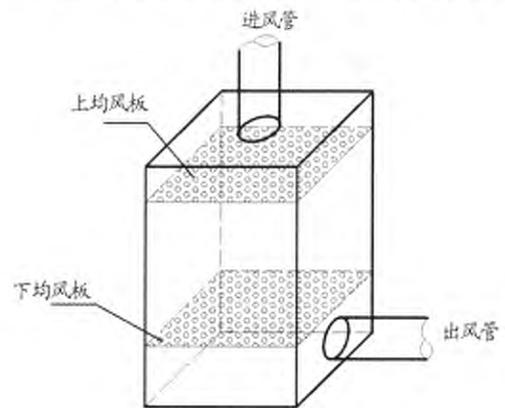


图2 预冷箱体示意

3.2 预冷时间的计算 在预冷过程中一般用无因次过余温度的变化率来衡量果蔬的预冷效果。预冷时间是指果蔬温度、冷却介质温度之差与果蔬初始温度、冷却介质温度之差的比值 θ 达到设定要求所需要的时间。常用的预冷时间有1/2、3/4、7/8预冷时间等。以7/8预冷时间为例,则满足 θ 所需的时间:

$$\theta = (t - t_f) / (t_0 - t_f) = 1/8$$

式中, t 为果蔬温度; t_f 为冷却介质温度; t_0 为果蔬初始温度。

在试验中,送风气流的温度是随着预冷过程的进行逐渐下降的,为一个变化值。冷源侧所能提供的最低送风温度是有限的,在计算预冷时间时采用的冷却介质温度 t_f 取试验中测得的最低送风温度。

3.3 结果与分析

3.3.1 单层钢球冷却试验结果。在下均风板上平铺1层钢球,钢球总重量为18.32 kg,6个温度测点均匀布置,热电偶插入不锈钢小球内部的水中,送风温度、出风温度和钢球温度随时间的变化情况见图3。由图3可知,钢球的温度变化是非线性的,预冷过程开始的初期降温速率比较快,而随着预冷时间的推进,降温速率开始减慢。对测得的钢球温度数据按指数方程进行拟合,得到的指数曲线方程为 $y = 22.57e^{-0.0023x}$,判定系数 $R^2 = 0.9487$ 。对试验温度进行计算

得到,单层钢球冷却过程中,1/2、3/4、7/8 预冷时间分别为39、70 和104 min。

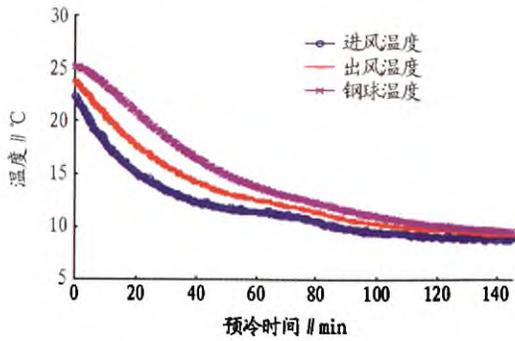
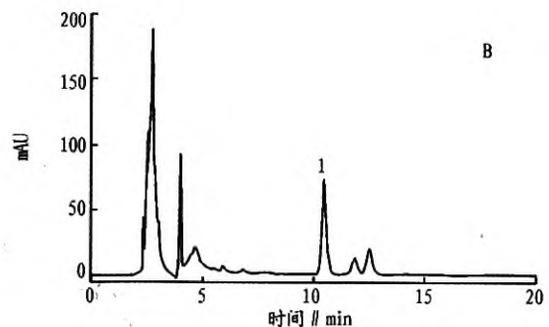
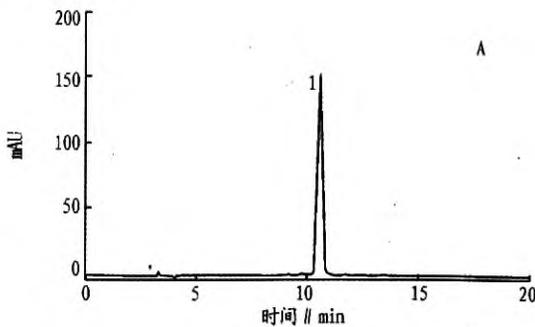


图3 单层钢球温度变化情况

3.3.2 多层钢球冷却试验结果。将40 kg 钢球装在2个尺寸为540 mm × 380 mm × 300 mm 的带孔塑料果蔬箱内,果蔬箱放在下均风板上,在上、中和下层分别设置2个热电偶测量温度,得到不同层面钢球内部温度随时间的变化情况见图4。由图4可知,上层钢球温度下降最快,而下层钢球温度下降最慢。从降温曲线的趋势可以看出,最上层钢球的降温情况与单层钢球预冷试验的降温情况相同,接近于指数变化规律,拟合后的曲线方程为 $y = 27.117e^{-0.0059x}$, 判定系数 $R^2 = 0.9122$; 最下层的温度变化规律近似为直线规律,拟合后的直线方程为 $y = -0.1098x + 25.619$, $R^2 = 0.9667$ 。温度由最上层至最下层逐次上升,在实际应用中,应以下层果蔬的温度值作为是否达到预冷温度设定值来进行控制。对试验温度进行计算得到,多层钢球冷却试验中,1/2、3/4、7/8 预冷时间分别为55、91 和130 min。

在单层和多层钢球试验中,对比同层各温度测点的情况发现,气流均匀性很好,同一水平面各点温度值的变化情况几乎一致,这说明这种压差送风冷却方式有较好的气流组织形式,能够使箱体内存成稳定均匀的温度场。

(上接第5206页)



注:A. 对照品;B. 供试品;1. 蜕皮甾酮。

图4 土牛膝蜕皮甾酮 HPLC 色谱图

参考文献

[1] 《全国中草药汇编》编写组. 全国中草药汇编. 上册[G]. 北京:人民卫生出版社,1982:205.
 [2] 潘杭君,孙红祥. 三萜皂苷的免疫调节作用[J]. 中兽医学杂志,2003(1):42-45.

[3] 周志勇,袁丁. 齐墩果酸药理作用研究进展[J]. 中国医院药学杂志,2008,28(23):2031.
 [4] 张翠英,梁生旺,张广强. 不同产地牛膝中蜕皮甾酮的含量测定[J]. 中国药学杂志,2001,36(10):699-700.
 [5] 杨春澍. 药用植物学[M]. 上海:上海科学技术出版社,1997:337-340.

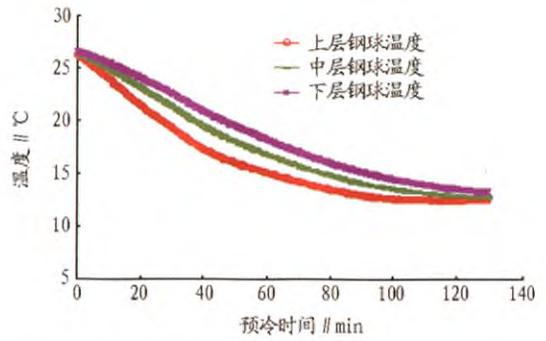


图4 多层钢球温度变化情况

3.4 结论及建议 预冷箱体与制冷设备可分离的产地预冷装置能很好地满足个体农户果蔬产品产地预冷的要求,在果蔬采摘后及时提供预冷,保证果蔬的品质,尤其适用于经济价值高、易腐烂的果蔬。采用冷风对内部注水的不锈钢小球的冷却试验表明,对于上进下出的气流方式,上层果蔬的温度呈指数规律变化,下层果蔬的温度近似呈线性规律变化,气流均匀性好,同一水平面上温度变化情况一致。该试验是以注水钢球来进行,未考虑不同果蔬呼吸热的影响,后续工作应对不同种类果蔬进行研究,并对与之配套的制冷设备的特性进行分析研究,并争取早日产品化,通过在实际应用中不断改进和发展,真正实现果蔬产地预冷。

参考文献

[1] 高文,费文. 水果蔬菜1年损耗800亿元,冷链产业蕴藏巨大商机[J]. 中国瓜菜,2008(6):67-68.
 [2] BROSANAN T, SUN D. Precooling techniques and applications for horticultural products—A review [J]. International Journal of Refrigeration, 2001,24(2):154-170.
 [3] 王强. 实施蔬菜产地预冷 完善低温冷链[J]. 冷藏技术,2000(4):34-39.
 [4] 沈炜. 果蔬采摘后预冷保鲜方法及实用设备[J]. 现代农业科技,2010(1):345-349.
 [5] 李效静. 果品蔬菜贮藏运销学[M]. 重庆:重庆出版社,1990.