

便携式微型保鲜冷库研究

李喜宏, 关文强, 胡云峰, 陈 丽

(国家农产品保鲜工程技术研究中心, 天津 300112)

摘 要: 可折叠、便携式新型微型冷库研究, 以新型聚乙烯基发泡材料为试材, 以经典硬质聚苯乙烯泡沫保温材料为对照, 明确便携式微型保鲜冷库的热功性能及其苹果、葡萄的保鲜效果。结果表明, 便携式微型保鲜冷库的最佳制冷设备工作时间系数为 0.24, 对照 0.32, 库体导热系数为 0.95, 对照 1.00, 尺寸受热变形率-3.5%, 压缩率 7%, 延伸率 150%, 压缩强度 3.14 N/cm^2 , 使富士苹果和巨峰葡萄的保鲜效果显著地优于对照。

关键词: 微型冷库; 水果; 贮藏保鲜; 发泡聚乙烯基; 保温材料

中图分类号: TU 249.8; TU 267.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2003)04-0245-04

1 引言

微型冷库作为一种新型贮藏设施, 已在全国 26 个省推广应用, 年贮藏能力超过 25 万 t。约占同期果蔬产地冷库贮藏新增总量的 60%~70%^[1,2]。

标准微型冷库容积 60~200 m³, 由贮藏间、机房、缓冲间 3 部分组成, 库体主要为土木结构, 建筑方式类似于普通民房。保温材料可因地制宜地选择稻壳、膨胀珍珠岩、聚苯乙烯泡沫板、硬质聚氨酯发泡材料等, 辅以相应的制冷设备, 可广泛地用于保鲜各种南北方果、菜、粮、花卉、种子等农产品, 简易实用^[1,3]。但微型冷库主要用于冬季果蔬贮藏保鲜, 一般贮藏期仅 3~5 个月, 库房空闲时间长达 7~9 个月。施工中常因阴雨天气, 或保温材料防水、防潮处理, 使工期长达 3~4 个月, 并受建筑结构局限, 库体通常冷桥率高达 10% 以上。因此, 亟待研究与开发新型保温材料, 在不增加库体总造价的情况下, 建造可任意折叠的便携式库体。

虽然国内已有充气保温塑料膜、塑料大棚用可折叠保温材料的报道或专利^[4,5], 但保温效果远远达不到果蔬保鲜冷库的热功性能要求; 近年来国内外研究出一些保温效果好、柔韧度高、可折叠的新型保温材料^[6,7], 但是目前关于新型保温材料在果蔬保鲜冷库上的应用及便携式微型冷库的研究尚未见报道。所以, 本试验以新型聚乙烯基发泡材料为试材, 通过对便携式微型保鲜冷库的热功性能及其苹果、葡萄和猕猴桃的保鲜效果的研究, 为便携式微型保鲜冷库的研制及应用奠定基础。

2 材料与方法

2.1 保温性能

2.1.1 保温材料

试验在常规保温材料性能综合分析的基础上, 重点

研究不同配方、工艺的几种聚乙烯基发泡材料的性能, 并以硬质聚苯乙烯泡沫板为对照。

2.1.2 库体传热系数 K 值的测定

采用正向温度势能(正温度压)测试库体的保温性能 K 值。将库内温度加热到高于环境温度 20 时, 恒温 1 h 后, 再开始测定, 记录恒温 1 h 加热器的加热时间, 计算公式^[8]

$$K = \frac{Q}{\sqrt{F_1 F_2 (t_1 - t_0)}} \quad (1)$$

式中 Q——加热器实耗功率, W, 相当于通过隔热板的传热量; F₁——库体外表面积, m²; F₂——库体内表面积, m²; t₁——库内温度, ; t₀——库外温度, 。

2.1.3 制冷设备工作时间系数 f 值测定

采用负向温度势能(负温度压)测试库体的保温性能 f 值。当库温降至 0 时停机, 温度回升至 5 时再开机, 制冷设备的启车、停车由温度控制器自动控制, 记录每次开机和停机时间, 重复记录 5 次, 计算公式^[8]

$$f = \frac{tk}{tk + ts} \quad (2)$$

式中 f——制冷设备工作时间系数; tk——全部运转周期内开机时间总和, h; ts——全部运转周期内停机时间总和, h。

2.2 保鲜试验

2.2.1 试材

果品贮藏试验以富士苹果、巨峰葡萄为试材。

2.2.2 处理与测试

将富士苹果、巨峰葡萄 2 种水果于 2001 年 10 月 3 日处理, 分别置入用不同泡沫塑料保温的 1 号库、2 号库、3 号库, 采用塑料小包装自发气调贮藏。每座试验库, 每个品种处理 8 袋, 其中 5 袋扎口, 3 袋挽口贮藏, 每袋 10 kg。2 种果实于便携式微型保鲜冷库中贮藏 80 d, 再移入土建式微型保鲜冷库中继续贮藏观察, 库温始终控制在 (0±0.5) 。

定期测定果肉硬度、可溶性固形物 O₂ 与 CO₂ 指标, 以及失水率、腐烂率、商品率等指标。

收稿日期: 2002-07-09

基金项目: 天津市重点攻关项目资助(023122111)

作者简介: 李喜宏(1960-), 男, 东港人, 博士, 研究员, 主要从事农产品保鲜技术研究。天津 国家农产品保鲜工程技术研究中心, 300112。Email: lixihong606@163.com

3 结果与分析

3.1 便携式微型冷库的设计

3.1.1 聚乙烯基发泡材料的技术指标分析

保温材料是便携式微型保鲜冷库工厂化标准生产的关键技术。不但要求保温性能高,厚度小,质地柔软有弹性,便于折叠,而且还要形变小、吸湿率小、防老化等。不同配方的聚乙烯基发泡材料、聚苯乙烯泡沫、硬质聚氨酯泡沫等常规保温材料的技术指标如表 1, 导热系数 1#、2# 配方比对照聚苯乙烯泡沫低 23%, 相当于聚氨酯与聚苯乙烯泡沫的 20% 差异, 密度和吸水率也有相似差异。特别是 1# 配方聚乙烯基发泡材料的压缩强度 3.14 N/cm², 尺寸热变形率- 3.5%, 压缩率 7%, 延伸率 150%; 2# 配方聚乙烯基发泡材料的压缩强度 5.10 N/cm², 尺寸热变形率- 2.3%, 压缩率 6.5%, 延伸率 140%, 其折叠性能相当于普通重体海绵。表明 1#、2# 配方的聚乙烯基发泡材料制成的库体均可以采取卷筒式折叠后, 再打包运输。因此, 1#、2# 材料均可作为便携式冷库的库体保温材料。

表 1 不同泡沫塑料的保温性能技术指标

Table 1 Technical indexes of the different foamed insulation materials

技术指标	1# 聚乙烯基	2# 聚乙烯基	聚苯乙烯	聚氨酯
密度/kg·m ⁻³	24	26	16	35
导热系数 /kJ·(m ² ·h·°C) ⁻¹	0.189	0.193	0.147	0.118
吸水率/g·cm ⁻³	0.0066	0.0115	0.0063	0.0020

3.1.2 库体设计制造与设备匹配

利用 1#、2# 配方的聚乙烯基泡沫塑料和聚苯乙烯泡沫塑料, 分别设计制造出 1#、2# 和 3# (对照) 3 个模拟便携式微型保鲜冷库的试验库, 库体容积分别为 6.33 m³、5.83 m³ 和 6.50 m³。库体八面体的保温层总厚度均 (100 ± 10) mm, 施工时为双层厚 50 mm × 900 mm 宽型材错层粘而成, 聚乙烯基泡沫板采用氯丁——酚醛粘接, 聚苯乙烯泡沫板采用聚氨酯发泡粘接, 内层为可拆卸组装 30 mm × 30 mm 角钢龙骨架, 内外无保护层, 库体上层加设石棉瓦敞开式防雨、遮阳棚。

3 个试验库各匹配一台 CAJ4511A 型全封闭制冷机组, 电压 220 V, 工质 R₁₂, 电机功率 750 W, 制冷量 1500 W, 风机蒸发面积 7 m², 风量 1700 m³/h, 电机功率 90 W, 电热管 1.5 kW。

3.2 库体传热系数 K 值分析

K 值大小与其保温性能高低成反比。1#、2# 和 3# (对照) 3 个模拟便携式微型保鲜冷库的试验库导热性能的测试结果如表 2, 1# 聚乙烯基泡沫塑料的保温性能高于聚苯乙烯泡沫塑料保温材料, 即保温性能 1# 库 > 3# 库 > 2# 库。

3.3 制冷设备工作时间系数 f 值分析

制冷设备工作时间系数 f 值从另一个角度测试库体的保温性能, 结果如表 3。当 3 台制冷设备运行状态

相同时, 停机时间 1# 库 > 3# 库 > 2# 库, 与上述 K 值测试结果一致。

表 2 便携式微型冷库的库体传热系数分析

Table 2 Analysis of conduction coefficient of portable mini cold storage room

测定项目	库 体		
	1#	2#	3#
容积/m ³	6.33	5.83	6.50
K 值/W·(m ² ·h·°C) ⁻¹	0.95	1.15	1.00

注: 1#、2# 库为 1#、2# 聚乙烯基泡沫塑料; 3# 库为聚苯乙烯泡沫塑料(对照)。

表 3 便携式微型冷库的制冷设备工作系数

Table 3 Refrigeration machinery work-hour coefficient of portable mini cold storage room

测定项目	库 体		
	1#	2#	3#
容积/m ³	6.33	5.83	6.50
f 值	0.24	0.37	0.32

3.4 空库降温试验

试验时关闭库门、照明灯, 启动制冷设备。库温变化结果如图 1, 降温速度 1# 库 > 3# 库 > 2# 库, 其中 1# 库降温速度为 23 min 库温由 30 降到 0, 2# 库为 28 min 库温由 30.6 降到 1, 3# 库为 28 min 库温由 30.7 降到 0。

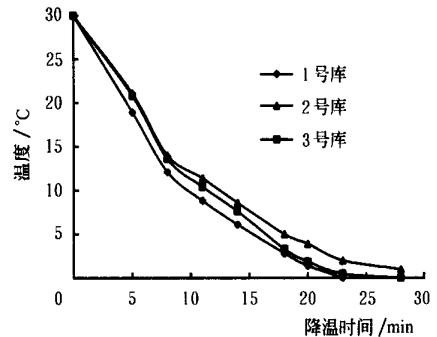


图 1 便携式微型冷库降温速度图

Fig 1 Falling speed of temperature in portable mini cold storage room

3.5 结露试验

便携式微型冷库 0 恒温运行 8 h, 在天津地区环境温度 30~ 35 的高温夏季, 3 个试验库表面均无结露现象, 且库体外表面温度与库体周围环境温度无差异。

3.6 贮藏保鲜试验

3.6.1 环境温度

便携式微型保鲜冷库的库体测试与果品贮藏期间, 10 月 10 日~ 12 月 7 日最高温度 20.7, 最低温度- 4, 0 积温为 627, 10 积温为 628.1。库内外温度变化如图 2, 可见外界气温 20.7~ - 4 时, 对库内温度影响很小。

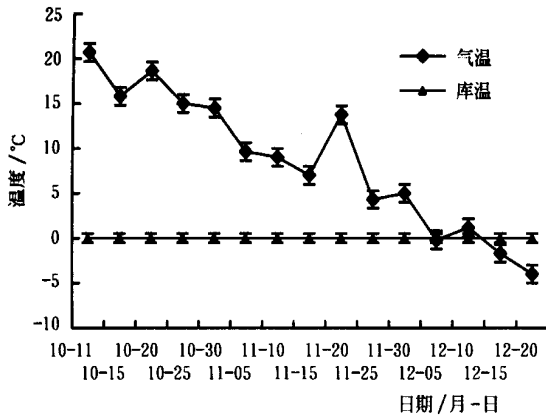


图 2 便携式微型保鲜冷库的库内外温度变化
Fig 2 Changes of temperature in portable mini cold storage room and that in the air

3.6.2 结霜量与耗电量

1[#]、2[#] 便携式保鲜冷库和 3[#] 对照(CK) 的结霜量(以融霜量计)与耗电量统计结果由图 3 和图 4 可以看出, 结霜量 3[#] 库(对照) > 2[#] 库 > 1[#] 库, 说明 1[#]、2[#] 便携式保鲜冷库的气密性、阻隔性高于 3[#] 库(聚苯乙烯泡沫板)。耗电量 2[#] 库 > 3[#] 库 > 1[#] 库, 说明 1[#] 便携式微型保鲜冷库的综合保温性能优于对照。

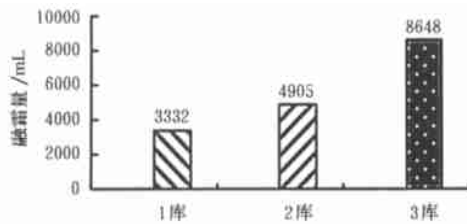


图 3 不同便携式微型保鲜冷库的结霜量
Fig 3 Frost quantity in different portable mini cold storage rooms

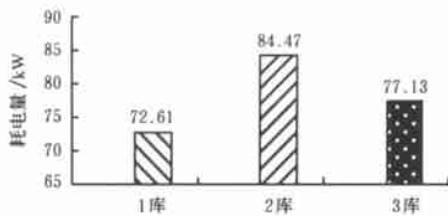


图 4 不同便携式微型保鲜冷库的耗电量
Fig 4 Power consumption cost in different portable mini cold storage rooms

3.6.3 红富士苹果保鲜效果分析

红富士苹果于不同便携式微型保鲜冷库的保鲜效果如表 3, 小包装扎口贮藏 86 d 的果肉硬度、固形物含量、失重率、腐烂率等综合指标, 1[#] 便携式微型保鲜冷库与对照差异不显著, 而 2[#] 便携式微型保鲜冷库则明显低于对照。

表 3 富士苹果不同便携式微型保鲜冷库的贮藏效果

Table 3 Preservation quality of Fuji apple after 86 days storage in portable mini cold storage room

库 型	1 [#]	2 [#]	3 [#] (CK)
果肉硬度/kg·cm ⁻²	8.62	8.65	8.98
固形物/%	14.7	14.0	13.8
失重率/%	0.37	0.43	0.25
腐烂率/%	0	4.9	0
CO ₂ 含量/%	0.6	0.7	0.7
O ₂ 含量/%	19.3	18.2	17.7

注: 基础值: 硬度 8.62 kg/cm², 固形物 13.7%。

3.6.4 巨峰葡萄保鲜效果分析

巨峰葡萄于不同便携式微型保鲜冷库的保鲜效果如表 4, 小包装扎口贮藏 86 d 腐烂率、漂白率、落粒率等综合指标, 1[#] 便携式微型保鲜冷库与对照差异不显著, 而 2[#] 便携式微型保鲜冷库则明显低于对照, 与红富士苹果的试验结果一致。

表 4 巨峰葡萄不同便携式微型保鲜冷库的贮藏效果

Table 4 Preservation quality of Kyoho grape after 86 days' storage in portable mini cold storage room

库 型	1 [#]	2 [#]	3 [#] (CK)
腐烂率/%	9.4	51.6	6.3
漂白率/%	17.9	25.4	16.0
落粒率/%	4.6	4.0	7.1

3.7 经济指标和市场前景

如表 5, 现阶段 24~ 26 kg/m³ 的聚乙烯基泡沫塑料零售价 550~ 580 元/m³ (密度 16 kg/m³ 的聚苯乙烯泡沫塑料零售价 230~ 250 元/m³, 18 kg/m³ 的 280~ 300 元/m³)。若建造一座容积 50 m³ 的便携式微型冷库, 设计库体尺寸为长×宽×高(5 m×4 m×2.5 m), 保温层厚度 100 mm 计, 则采用聚乙烯基泡沫塑料, 直接投资造价仅 3 872.5 元/座, 可贮藏水果(葡萄)1.0 万 kg, 相当于每贮藏 1 kg 水果库体投资约 0.39 元, 而普通微型冷库(对照)0.69 元/kg, 再辅以相应附属制冷设备等配套产品投资约 0.5 元/kg, 则总造价约 0.89 元/kg, 低于普通微型冷库的总投资约 1.19 元/kg 指标。若库体裸露(免设围护结构), 并考虑北方过冷、南方过热的极端温度, 增强保温层 50%, 则每贮藏保鲜果蔬总造价约 1.09 元/kg, 仍低于对照。

表 5 容积 50 m³ 的不同泡沫塑料的经济指标分析

Table 5 Economic indexes of the different 50 m³ rooms of the foamed insulation materials

库 型	1 [#]	2 [#]	3 [#]
保温材料价格/元·m ⁻³	550~ 580	550~ 580	280~ 300
保温材料用量/m ³ ·座 ⁻¹	6.5	6.5	6.5
保温材料造价/元·座 ⁻¹	3672.5	3672.5	1885.0
围护结构造价/元·座 ⁻¹	200.0	200.0	5000.0
总造价/元·座 ⁻¹	3872.5	3872.5	6885

在当前农业家庭承包为主体的生产体制下农产品经营以个体经济为主体,产地贮藏设施正趋于小型化。仅以果蔬为例,现阶段我国果蔬总产量超过6亿t,但低温总贮藏量不足总产量的1.5%;若达到中等发达国家30%~40%比例,按每座微型保鲜冷库贮藏能力10t,技术市场占有率20%计,则需开发微型保鲜冷库420多万座,但不包括车、船、货场、批发市场、野营地等保温设施,以及花卉、粮食、水产、肉类、加工食品等产品保鲜设施。使用时,在库体周围临时立起4~8根柱子,或在空闲房间内,像挂蚊帐一样将库体固定即可,长时间不使用时折叠收藏。因此,市场潜力巨大。

4 结论与讨论

1) 采用1#聚乙烯基保温材料制成的便携式微型保鲜冷库的最佳制冷设备工作时间系数为0.24,库体导热系数为0.95,降温速度快,表面无结露现象,运行期间耗电量、结霜量与富士苹果和巨峰葡萄的保鲜效果等综合指标均明显优于对照库,表明利用新型聚乙烯基泡沫塑料研究开发便携式微型冷库是可行的。

2) 根据试验结果,结合我国国情,便携式微型保鲜冷库的库体剖面结构分3层效果更佳,包括内层防霉、

中层绝热和外层防水、避鼠。其中内层防霉采用银系、铜系、锌系等金属类塑料添加材料;中层设置防热墙,主要复合多层铝铂热栅,以提高阻热性能;外层防水胶层,添加荧光、黄光材料,以驱避鼠害。

[参 考 文 献]

- [1] 李喜宏,夏秋雨,陈丽,等.微型冷库的优化设计研究[J].农业工程学报,2001,17(3):26~29.
- [2] Chen Li, Li Xihong, Xia Qiuyu, et al. Study on storage facility of agricultural products in courtyard products[J]. Agricultural Sciences in China, 2002, 1(7): 805~810.
- [3] 李喜宏,陈丽,夏秋雨,等.我国农产品庭院贮藏设施研究[J].中国农业科学,2001,34(3):21~24.
- [4] 中空塑料保温膜.中国实用新型专利[P].专利号:CN 21888899,中华人民共和国专利局,1995.2.
- [5] 庞杰,林惠花,陈绍军.软库贮藏甘薯及其机理研究[J].天津农学院学报,2000,7(4):17~20.
- [6] 张玉祥.我国主要保温隔热材料的发展[J].保温材料与建筑节能,1998,7:21~23.
- [7] 徐烈,朱卫东,汤晓英.低温绝热与贮运技术[M].北京:机械工业出版社,1999(5).
- [8] 中华人民共和国行业标准 ZB J73 044-90:组合冷库性能试验方法[S].中华人民共和国机械工业部,1990.5.

Research and development of portable mini cold storage room

Li Xihong, Guan Wenqiang, Hu Yunfeng, Chen Li

(National Engineering and Technology Research Center for Agricultural Products Freshness Protection, Tianjin 300112, China)

Abstract: To study portable mini cold storage room, the property of new type foamed polyethylene and the application of portable mini cold storage room made of this material in the storage of apple and table grape were studied comprehensively. The results show that comprehensive technical indexes of the structure made of foamed polyethylene board were good. The optimal coefficient of work hour of refrigerate system is 0.24, while that of the control is 0.32. The thermal conductivity of structure made of polyethylene and the control is 0.95 and 1.00, respectively. The property of foamed polyethylene board is as follows: the heat induced rate of shape change is 3.5%; compressed rate is 7%; expansion rate is 150%; compressed intensity is 3.14 N/cm^2 . The fruits of Fuji apples and Kyoho table grapes had better quality in the portable mini cold storage room made of new type foamed polyethylene than that in the control after 86 days' storage.

Key words: mini cold storage room; fruits; storage and preservation; foamed polyethylene; insulation material