

文章编号:0253-4339(2013)02-0081-04

doi:10.3969/j.issn.0253-4339.2013.02.081

蔬菜真空预冷中降低失水率的方法研究

王雪芹 刘宝林

(上海理工大学 低温生物与食品冷冻研究所 上海 200093)

摘要 由于蔬菜在真空冷却过程中温度的降低是通过水分蒸发实现,因此真空预冷中蔬菜失水问题不可避免。叶菜类蔬菜真空冷却效果明显,而根类蔬菜由于存在表皮保护,内部组织致密等特点,真空冷却效果并不明显。以生菜、卷心菜和胡萝卜为研究对象,分别对其进行直接预冷、喷水预冷和表面包覆吸水膜预冷实验研究。结果表明:吸水膜包覆的果蔬,可以显著提高降温速率,缩短预冷时间,降低失水率。生菜吸水膜包覆从初温 25℃ 降低到 5℃ 需要的时间比直接预冷少 43%,失水率降低 76.3%。卷心菜吸水膜包覆从初温 27℃ 降低到 5℃ 需要的时间比直接预冷少 48%,失水率降低 76.7%。胡萝卜吸水膜包覆从初温 24℃ 降低到 8℃ 需要的时间比直接预冷时间少 37.5%,失水率降低 91%。所以采用吸水膜包覆是提高降温速率,降低失水率的一种行之有效的方法。

关键词 真空预冷;预处理;吸水膜包覆;蔬菜

中图分类号:TS255.3

文献标识码:A

Study of Methods to Reduce Water Loss Rate for Vegetables in Vacuum Cooling

Wang Xueqin Liu Baolin

(Institute of Cryobiology and Food Freezing, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai, 200093, China)

Abstract Water loss is inevitable during vacuum cooling because the temperature is decreased through the loss of water in vegetables. The cooling effect of leafy vegetables in vacuum cooling is evident, but that of root vegetables is not obvious because their tissue is compact. Iceberg lettuce, cabbage and carrot were studied by using three type vacuum cooling methods i. e., direct vacuum cooling, spray water vacuum cooling and water absorbent film package vacuum cooling. The results show that vegetables packaged with water absorbent film have the fastest temperature decreasing rate, the shortest cooling time and the lowest water loss rate. When the temperature of iceberg lettuce in water absorbent film package vacuum cooling is decreased from 25℃ to 5℃, the time taken is 43% less than direct vacuum cooling, and the water loss rate reduces 76.3%. When the temperature of cabbage in water absorbent film package vacuum cooling is decreased from 27℃ to 5℃, the time taken is 48% less than direct vacuum cooling, and the water loss rate reduces 76.7%. When the temperature of carrot in water absorbent film package vacuum cooling is decreased from 24℃ to 8℃, the time taken is 37.5% less than direct vacuum cooling, and the water loss rate reduces 91%. So water absorbent film package vacuum cooling is an effective method to improve temperature decrease rate and reduce water loss.

Keywords vacuum cooling; pre-treatment; water absorbent film; vegetable

标准大气压下,水的沸点是 100℃,蒸发潜热为 2256kJ/kg,当压力降低到 610Pa 时,水的沸点为 0℃,蒸发潜热为 2500kJ/kg。由此可见,水的沸点温度随压力的降低而降低,而蒸发掉单位质量的水带走的热量反而增加。真空预冷是指真空处理室内食品表面的水分在低压条件下迅速蒸发,水的蒸发需要热源提

供,在没有外界热源提供热量时,蒸发所需的热量只能来自食品自身,食品温度降低,从而产生制冷效果^[1-2]。由于温度降低通过水分蒸发实现,因此真空预冷中蔬菜失水问题不可避免。叶菜类蔬菜由于比表面积大,组织柔软,表面游离水分多、容易蒸发,因此在实验过程中失水比较严重。而组织致密类蔬菜其含水量不高,干物质含量较高,外叶附有腊粉,在冷

基金项目:国家高技术研究发展计划(863 计划, 2008AA100803)、教育部新世纪优秀人才计划(07-0559)资助项目。(The project was supported by the National High-Tech R&D Program of China(863 Program, No. 2008AA100803) and the Ministry of Education of China for New Century Excellent Talents(No. 07-0559).)

收稿日期:2012 年 5 月 10 日

却过程中失水率次于叶菜类蔬菜。根类蔬菜由于存在表皮保护,水分不易蒸发且比表面积小等特点真空预冷过程中温度降低最小,失水也最少。宋晓燕^[3]研究了不同预冷终压下青菜表面温度的变化规律,发现大叶脉和小叶脉在达到预冷终温之前一直处于降温状态,而叶边因为供水不足而提前结束降温,得出终压在700~800Pa比较合适的结论。韩志等^[4]对卷心菜不同真空度下的真空冷却实验进行了对比研究,发现700~900Pa自动补气阀工作压力下,卷心菜冷却效果最好。目前的研究^[5-7]表明预冷前在果蔬的根、茎、叶等部位喷洒部分水可以明显降低果蔬预冷过程中的水分散失^[8]。由此可见,预冷前进行喷水预处理是解决蔬菜真空预冷关键问题的一个有效方法,但通过包覆吸水膜对蔬菜进行预冷研究较少见。选取生菜、卷心菜和胡萝卜为研究对象,分别对其进行直接真空预冷、喷水真空预冷和表面包覆吸水膜真空预冷实验,研究了降温效果和失水率的变化。

1 材料与方 法

1.1 实验材料与装置

供试材料均比较新鲜,生菜和卷心菜购自农贸市场,胡萝卜采自上海市南汇区。挑选外表无明显外伤和病虫害的生菜、卷心菜和胡萝卜作为实验对象。

课题所用的实验装置是上海理工大学根据实验要求,从上海锦立新能源科技有限公司购得的VCE-15型真空预冷机,真空箱有效容积为0.15m³,设计紧凑,易于操作,能很好的达到实验要求。采集系统可以监测记录真空室内的压力、果蔬的温度、重量等数据。

实验的吸水膜材料是双层脱脂棉纱,由浙江绍兴某厂生产,吸水性强,透气性极好。

1.2 实验方法

果蔬真空预冷过程中,随着压力的降低,果蔬表面的水分率先蒸发,吸收潜热使表皮温度迅速降低,表面温度与内部温度之间存在温度差,产生传热作用使内部温度降低,同时内部也有少部分的自由水蒸发通过细胞之间的多孔结构向外扩散,也使内部温度降低。实验采用稳定性和线性响应效果都较好的铜-康铜T型热电偶测量温度,温度测点布置在距离表皮3mm处,热电偶连接到西门子PLC采集模块,经通讯模块传至计算机中保存。吸水膜通过喷枪均匀喷湿,紧密覆裹在实验对象(生菜、卷心菜、胡萝卜)上;同时对喷水预冷和直接预冷进行实验,对三种结果进行对比。方法如下:

将每种实验对象等分成三组,生菜每组重量

0.3kg,卷心菜和胡萝卜每组重量1kg。第1组是不经预处理的空白对照组(CK),直接放入真空预冷机预冷;第2组采用喷水预处理,喷水量为蔬菜重量的4%,喷水后再进行真空预冷;第3组将棉纱剪裁成面积大小刚好完全覆盖住实验对象表面,采用喷枪将蔬菜重量4%的水均匀喷洒在吸水膜上,吸水膜包裹好蔬菜后用别针将接合处别好,以保证菜被完全紧密覆盖住及实验过程中吸水膜能较好的和菜表面接触。

实验过程控制预冷终压范围为660~700Pa,蔬菜温度和重量数据通过数据采集和控制系统实时记录和存储。失水率按照公式(1)进行计算。

$$\text{失水率}(\%) = (G_0 - G) / G_0 \quad (1)$$

式中: G_0 为样品预冷前起始重量,单位kg; G 为样品预冷后实测重量,单位kg。

2 结果与讨论

2.1 降温速率的结果分析

三种实验对象在不同处理方式下的降温曲线如图1~图3所示。从图中可以看出,生菜在喷水和吸水膜包覆处理方式下降温速度都比较快,相差不多,直接预冷效果比较差。相同重量的生菜在喷水和吸水膜包覆处理方式下从初温25℃附近降低到5℃需要9min,而直接预冷的方式,生菜温度降至5℃却需要16min,因此采用喷水和吸水膜包覆预处理后可使预冷时间缩短43%;卷心菜从初温为27℃附近降低到5℃左右,吸水膜包覆的方式所需的时间仅需12min,喷水预冷需要20min,直接预冷降低到6.5℃则需要23min。吸水膜包覆预冷时间比喷水预冷和直接预冷分别缩短了40%和48%;胡萝卜从初温为24℃附近降低到8℃左右,吸水膜包覆的方式所需的时间仅需25min,喷水预冷需要29min,直接预冷温度降到8.7℃则需要40min。吸水膜包覆预冷时间比喷水预冷和直接预冷分别缩短了13.8%和37.5%,降温速率大大提高。

从三种蔬菜的降温效果可以看出,直接预冷的降温效果最差,需要的时间最长;采用喷水预处理效果次之;吸水膜包覆效果最好。由于生菜是叶菜类蔬菜,比表面积比较大,喷水可以较均匀的附着在表面上,因此喷水处理和吸水膜包覆效果相差不大。而卷心菜属于组织致密类蔬菜,胡萝卜属于根茎类蔬菜,采用喷水处理时,水分较难附着在表面上,往往会滑落,因此降温效果不是很好,而采用吸水膜包覆则可以紧密贴合在果蔬表面,相当于增加了果蔬表面自由水分含量,使水分蒸发速度加大,从而提高了降温速率,使预冷时间大大缩短。

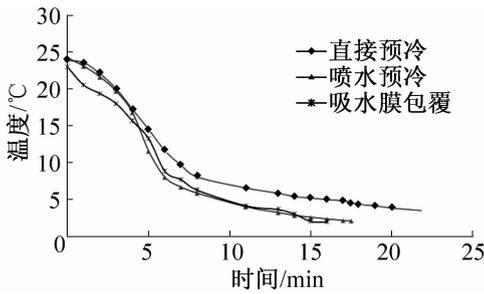


图1 不同处理方式生菜真空预冷的降温曲线

Fig. 1 Temperature curves of iceberg vegetable during vacuum pre-cooling with different pre-wetting methods

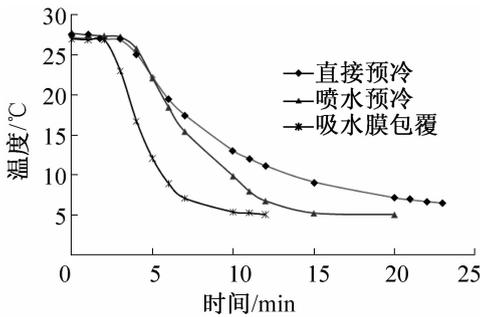


图2 不同处理方式卷心菜真空预冷的降温曲线

Fig. 2 Temperature curves of cabbage during vacuum pre-cooling with different pre-wetting methods

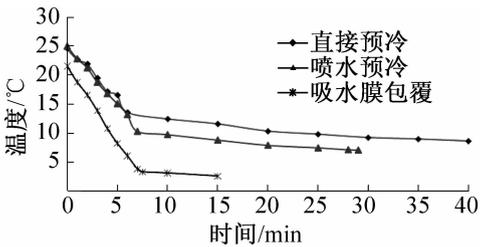


图3 不同处理方式胡萝卜真空预冷的降温曲线

Fig. 3 Temperature curves of carrot during vacuum pre-cooling with different pre-wetting methods

2.2 失水率的实验分析

失水率是指实验结束后蔬菜重量比实验前减少的量占实验前蔬菜重量的百分比。不同处理方式下生菜、卷心菜和胡萝卜真空预冷的失水率变化图4~图6所示。

从图4~图6可以看出,直接进行真空预冷的蔬菜失水最严重,生菜、卷心菜、胡萝卜的失水率分别达到4.85%、4.59%和3.5%;喷水处理对防止失水有一定的作用,但作用较小;吸水膜包覆处理可有效防止预冷过程中的失水问题,失水率大大降低,生菜、卷心菜、胡萝卜的失水率分别比直接预冷降低76.3%、76.7%和91%。

对于直接预冷,由于蒸发的水分全部来自蔬菜本

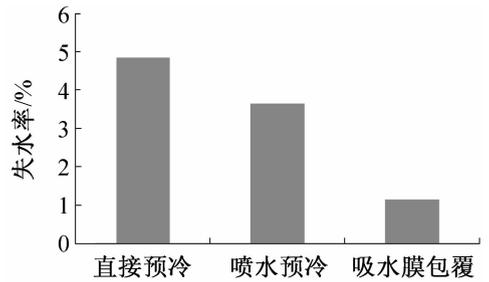


图4 不同处理方式生菜真空预冷的失水率

Fig. 4 Changes in water loss of iceberg lettuce during vacuum pre-cooling with different pre-wetting methods

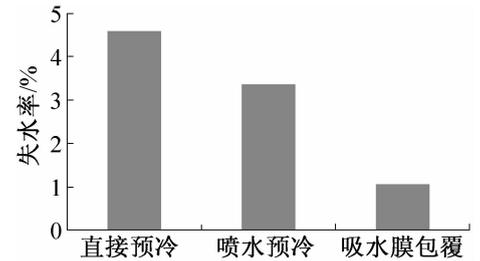


图5 不同处理方式卷心菜真空预冷的失水率

Fig. 5 Changes in water loss of cabbage during vacuum pre-cooling with different pre-wetting methods

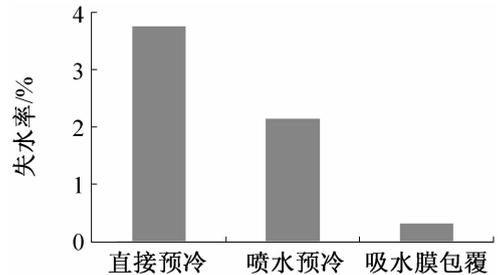


图6 不同处理方式胡萝卜真空预冷的失水率

Fig. 6 Changes in water loss of carrot during vacuum pre-cooling with different pre-wetting methods

身,因此蔬菜失水较严重;而喷水处理由于能较好地附着在表面上的水分较少,很大一部分蒸发的水分需要来自蔬菜本身,因此对降低失水率效果不是很明显;而采用吸水膜包覆处理时,蒸发的水分大部分来自于水膜上的水,从而使需要从蔬菜本身蒸发的水分大大降低,故蔬菜自身失水较少。从三种蔬菜直接真空预冷和吸水膜包覆真空预冷失水率的各自对比可以看出,两种方式下胡萝卜的失水率相差较大,卷心菜次之,生菜的最小。原因是生菜叶子空隙较大,包裹之后内部温度降低很大程度上靠水分蒸发,导热占较小比重;而卷心菜内部孔隙相对于生菜小,内部水分蒸发占的比重稍低,所以失水率变化稍大;而胡萝卜内部组织致密,内部温度降低主要靠导热,水分蒸发主要发生在表面,失水率变化最大。

3 结论

通过对叶菜类、组织致密类和根果类蔬菜进行直接真空预冷、喷水预冷和吸水膜包覆三种不同预处理方式下的实验研究,发现直接预冷的降温速率最慢,失水率最大;喷水降温速率次之,失水率次之;而吸水膜包覆真空预冷,可以显著提高降温速率,降低失水率。吸水膜包覆真空预冷在根类蔬菜上的应用尤见其效,可以使该方法进一步推广应用至根果类蔬菜。

本文受上海市重点学科建设项目(S30503)资助。(The project was supported by the key project of Shanghai city (No. S30503).)

参考文献

- [1] McDonald K, Sun D W. The formation of pores and their effects in a cooked beef product on the efficiency of vacuum cooling[J]. Journal of Food Engineering, 2001, 47(3): 175-183.
- [2] Haas E, Gur G. Factors affecting the cooling rate of lettuce in vacuum cooling installation[J]. International Journal of Refrigeration, 1987, 10(2): 82-86.
- [3] 宋晓燕,刘宝林.真空冷却中的上海青表面温度变化规律[J].农业工程学报,2012,28(1):266-269. (Song Xiaoyan, Liu Baolin. Temperature variation on Shanghaiqing surface during vacuum cooling process[J]. Transactions of the CSAE,2012,28(1):266-269.)
- [4] 韩志,谢晶,潘迎捷,等.在不同真空度下的卷心菜真空冷却实验对比研究[J].真空科学与技术学报,2007,26(2):142-145. (Han Zhi, Xie Jing, Pan Yingjie, et al. Vacuum cooling of cabbage in different low temperatures [J]. Chinese Journal of vacuum science and technology, 2007,26(2):142-145.)
- [5] Hayakawa A, Kawano S, Iwamoto M, et al. Vacuum cooling characteristics of fruit vegetables and root vegetables

[J]. Report of the National Food Research Ins., 1983,43: 109-115.

- [6] Sun Da Wen, T Brosnan. Extension of vase life of cut daffodil flowers by rapid vacuum cooling [J]. Refrigeration, 1999, 22(6):472-478.
- [7] 冯圣洪,张国强,陈在康,等.果蔬真空预冷技术及其应用分析[J].食品科技,2001(6):21-22. (Feng Shenghong, Zhang Guoqiang, Chen Zaikang, et al. Analyzing the Vacuum Pre-cooling Technique and Its Application to Fruits and Vegetables. [J]. Food science and technology, 2001(6):21-22.)
- [8] 陶菲,张敏,余汉青,等.不同真空预冷终温对双孢蘑菇保鲜的影响[J].食品与生物技术学报,2005,24(3):39-44. (Tao Fei, Zhang Min, Yu Hanqing, et al. Effect of different temperature on vacuum cooled agaricus bisporus. [J]. Journal of food science and biotechnology, 2005,24(3):39-44.)

作者简介

王雪芹,女(1977-),博士研究生,上海理工大学,18616332712, E-mail: smy7711@163.com。研究方向:真空预冷实验研究及数值模拟。现在进行的研究项目有:国家863计划项目(2008AA100803),教育部新世纪优秀人才计划(07-0559),上海市重点学科建设项目(S30503)。

About the author

Wang Xueqin (1977-), female, Doctor degree, University of Shanghai for Science & Technology, 18616332712, E-mail: smy7711@163.com. Research fields: vacuum cooling test study and numeric analysis. The author takes on project supported by the key project of Technical Innovation & Product Development on Vegetable Green Supply Chain by the National High-Tech R&D Program of China(863 Program, No. 2008AA100803), the Ministry of Education of China for New Century Excellent Talents(No. 07-0559) and the key project of Shanghai city(No. S30503).