

# 荷兰豆真空预冷及其对贮藏品质的影响

陈颖, 刘宝林\*, 宋晓燕

(上海理工大学低温生物与食品冷冻研究所, 上海 200093)

**摘要:** 真空预冷可在果蔬采后迅速移除果蔬田间热, 有效延长产品保质期, 是近年来发展迅速的果蔬保鲜技术之一。为考察真空预冷对荷兰豆贮藏品质的影响, 本实验采用1、3、5、7 四个终温和3%、5%的补水率, 8组交叉实验分别对样品进行真空预冷处理。结果表明: 补过水的荷兰豆经真空预冷处理后, 不仅货架期得到延长, 而且贮藏品质较好, 差异突出体现在失水率及感官品质方面。其中, 经5%补水预冷终温为5 的荷兰豆在16d的贮藏过程中各项指标均较好。

**关键词:** 真空预冷; 荷兰豆; 贮藏品质

Effect of Vacuum Pre-cooling Treatment on Storage Quality of Sweet Broad Pea

CHEN Ying, LIU Bao-lin\*, SONG Xiao-yan

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

**Abstract:** Vacuum pre-cooling treatment that can immediately remove the respiration heat from postharvest vegetables, extending the shelf life and improving the storage quality of sweet broad pea. In order to explore the optimal conditions of vacuum pre-cooling treatment, orthogonal tests were adopted. The effects of different processing technology on product quality were evaluated along with the effects of two major factors (end-temperature and pre-wetting) on the storage quality of sweet broad pea. Using non-vacuum pre-cooling as the control, the change in physiological and biochemical parameters of samples in both groups was compared. Similarly, the change of surface and internal temperatures as well as vacuum pressure was recorded. Weight loss rate, chlorophyll content, ascorbic acid content and sensory index were used as the major parameters. Results showed that vacuum pre-cooling treatment could slow down the decrease of vitamin C and chlorophyll contents effectively. Therefore, when end-temperature was set at 5 , the storage quality of the pre-wetted samples was the best. Vacuum precooling can significantly extend the shelf life of sweet broad pea.

**Key words:** vacuum pre-cooling; sweet broad pea; storage quality

中图分类号: TS255.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630(2013)06-0276-04

预冷是指在果蔬采收后采取一定手段将产品温度迅速降到适当的温度的过程, 它是冷链中最重要的环节之一。真空预冷是一种快速高效的预冷技术, 它的基本原理是水的沸点随着压力降低而降低, 当容器内的压力低于蔬菜内部的自由水温度对应的饱和蒸发压力时, 自由水会在低温下沸腾变为气态, 带走大量的蒸发潜热, 从而迅速使蔬菜冷却<sup>[1-2]</sup>。真空预冷速度快, 冷却均匀, 能耗省, 运行费用低<sup>[3-4]</sup>。但因设备投资较大, 应用于低附加值果蔬经济效益不高, 限制了该技术进一步推广普及<sup>[5-6]</sup>。

荷兰豆嫩荚质脆清香, 营养价值很高<sup>[7-8]</sup>, 其贮运条件是温度0~5 , 相对湿度85%~90%, 受制于保鲜技术的不足, 多用作速冻出口, 而新鲜的荷兰豆仅占很小部

分市场份额。近年来, 日本等国开始大量从我国进口保鲜荷兰豆, 荷兰豆保鲜产业市场前景广阔<sup>[9]</sup>。然而目前关于荷兰豆保鲜储运技术的报道甚少。本研究针对真空预冷环节, 初步探讨了不同预冷终温和补水率对荷兰豆失水率、VC、叶绿素、总糖含量等理化指标的影响, 并与未经处理的样品进行了比较, 以期对荷兰豆真空预冷条件选择及品质控制提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料及处理

荷兰豆(*Pisum sativum* L. 食荚甜脆豌豆1号)2011年3月10日购于上海平定农贸有限公司, 样品均于当天采摘,

收稿日期: 2011-12-21

作者简介: 陈颖(1987—), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品真空预冷。E-mail: chenying-mail@163.com

\*通信作者: 刘宝林(1968—), 男, 教授, 博士, 研究方向为食品冷冻冷藏。E-mail: bliuk@163.com

真空预冷处理在3h内完成。选取色泽青绿，嫩荚发育肥大扁平，籽粒未发达，无病虫害，无弯曲，无机械伤样品。样品每组500g，共分为9组，以终温及补水率为双因素进行正交试验设计，具体如表1所示(荷兰豆贮藏最佳温度为0~5℃，冰点温度约-1.5℃)，故选取1、3、5、7四组终温进行比照。

物料预冷之前进行喷雾补水，补水率为选定为3%和5%两个水平(大于5%的补水量会在蔬菜表面凝结成水滴，预冷过程中形成冰珠，产生冻害)；冷却至终温后，立即装入PE保鲜盒，温度(3±1)℃，湿度90%冰箱保存；重复3次。将未经预冷补水处理组的荷兰豆作为对照组，置于相同条件下保存。

表1 实验分组设计

Table 1 Design of experimental grouping

组别	对照	1	2	3	4	5	6	7	8
终温/℃	No	1	1	3	3	5	5	7	7
补水率/%	No	3	5	3	5	3	5	3	5

注: No. 不设置终温, 未补水处理。系统自动进行预冷, 终温默认为1℃。

### 1.2 仪器与设备

VCE-15型真空预冷机 上海锦立新能源科技有限公司；721型可见分光光度计 尤尼柯(上海)仪器有限公司；CF50冰箱 美国电子(深圳)有限公司；MP10K天平 上海精密仪器有限公司。

### 1.3 方法

在预实验基础上设定预冷终压范围为660~700Pa，并通过数据采集和控制系统实时记录真空预冷过程中果蔬的中心温度和能耗变化。同时将预冷前、后的实验样品分别称质量。温度、真空压力分别由压力传感器和热电偶测得，真空预冷机测试系统自动保存。三枚热电偶分别贴于表面、插入豆荚内、插入豆粒内进行测温。

VC含量测定：采用2,6-二氯酚酚滴定法<sup>[10]</sup>；叶绿素含量：采用分光光度法；总糖含量：采用斐林氏容量法<sup>[11]</sup>；失水率测定采用称量法测定，计算公式为：

$$\text{失水率}/\% = \frac{\text{贮前质量} - \text{贮期测定质量}}{\text{贮前质量}}$$

感官指标评定，对不同组别荷兰豆，根据色泽等因素进行评分。统计分析软件SPSS对实验结果进行双因素方差分析其显著性差异，感官指标评分标准见表2。

表2 荷兰豆感官指标评定标准

Table 2 Evaluation standards for sensory index of sweet broad pea

分数	5分	3~4分	2分	0~1分
颜色	亮绿	深绿	黄绿	灰绿
气味	很浓生豆香	有生豆香	无香气	腐烂异味
组织	坚硬有弹性	较硬无弹性	个别发软	软且无弹性
脆度	一折即断	轻折可断	能够折断	不易折断
形态	平滑有光泽	表面干燥光滑	略有萎蔫	褐变有斑点

注：初级评价员10人组成评价小组进行打分。对评分结果进行方差分析或多重比较，判断处理差异性。

## 2 结果与分析

### 2.1 荷兰豆在真空预冷过程中的温度变化

#### 2.1.1 荷兰豆在真空预冷过程中温度压力变化

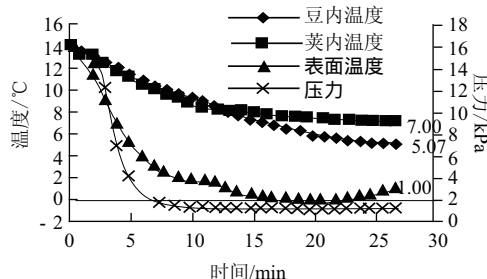


图1 预冷终温1℃ 荷兰豆温度-压力曲线

Fig.1 Temperature-pressure curve of sweet broad pea at the pre-cooling end-temperature of 1

以预冷终温为1℃的荷兰豆真空预冷过程为例(图1)，降温过程中荷兰豆不同部位有温差，豆粒内降温最为缓慢，且降温幅度较低。当表面达到预冷终点时，豆内及荚内温度都还尚未达到预冷终温。第3分钟左右时，真空室压力开始急剧下降，在此过程中，荷兰豆表面水分及内部水分汽化蒸发，温度持续下降；第7分钟起，预冷槽基本处于恒压状态，但温度仍平缓降低直到27min左右，预冷过程基本结束。

荷兰豆形态扁平，降温过程应该比较均匀，但在实际降温过程中各部分仍存在一定温差。荷兰豆的外果皮部分由许多富有营养的薄壁细胞组成，水分含量高；而内部主要是水分含量低而淀粉含量高的种子<sup>[7-8]</sup>。水分蒸发需要吸收潜热，蒸发所吸收的热量主要是由荷兰豆本身所含水分提供的。因为荷兰豆表面与荷兰豆内部会有一些的水分差异，所以冷却过程中的内外有一定温差。

#### 2.1.2 不同补水方式及终温设置处理对荷兰豆的降温

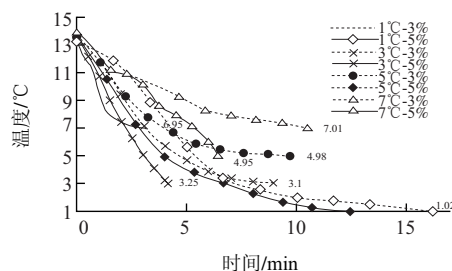


图2 不同处理方式对荷兰豆预冷效果的影响

Fig.2 Vacuum pre-cooling efficiency of different treatments on sweet broad pea

从图2可看出，荷兰豆在喷水处理方式下降温速度远快于直接预冷。相同质量的荷兰豆经5%补水处理，半预冷终温时间<sup>[12]</sup>仅需3.17min，而3%补水处理的方式的荷兰

豆中心温度降至7℃则需3倍时间,且此后降温速率十分缓慢;正交试验中,终温7℃经5%补水处理的荷兰豆预冷耗时最短,终温1℃经3%补水预冷的组别预冷耗时最长。

在荷兰豆表面补水,以其替代样品内部的水分气化,抽真空时水分气化吸热间接冷却荷兰豆。补水有助于加快荷兰豆降温速率;相同预冷终温组荷兰豆,经过补水处理的荷兰豆其降温速度远快于对照组,到达预冷终点所需时间短;相同补水处理荷兰豆,预冷终温设置越高,预冷所花时间越少。

## 2.2 预冷方式对蔬菜储藏质量及货架期的影响

### 2.2.1 预冷方式对荷兰豆储藏期感官质量的影响

按照表2对荷兰豆对产品的色泽、香气、滋味、形态进行评定,以五级评分制评分,再将各项分值加和。8组样品评分结果分别及对照组荷兰豆评分结果进行对比,同时对结果进行双因素方差分析,表3为预冷后各组荷兰豆在16d内的感官指标评定结果。对照组荷兰豆在试验第7天开始发生严重萎蔫失水,表面皱缩现象;经真空预冷处理的各组荷兰豆中,预冷终温1℃并经5%补水处理的荷兰豆预冷结束后表面出现冻伤斑点,最先发生表面腐烂及褐变,第6天开始质量迅速下降;而最优组为经5℃终温5%补水处理的荷兰豆,试验第16天以后才开始不能维持基本感官品质。

表3 荷兰豆感官指标评定结果

时间/d	1	-3% 1	-5% 3	-3% 5	-5% 5	-3% 7	-5% 7	-3% 7	-5% 7	对照
2	9.3	9.2	9.6	9.8	9.7	9.8	9.7	9.8	9.8	9.8
4	9.0	8.7	9.4	9.5	9.5	9.6	9.2	9.2	9.2	8.1
6	8.2	7.6	9.2	9.1	9.1	9.3	8.7	8.8	8.8	6.4
8	7.1	6.4	8.2	8.3	8.5	8.7	8.0	8.4	8.4	5.5
10	5.8	5.2	6.9	7.0	7.3	7.9	6.5	6.7	6.7	4.7
12	5.4	4.3	6.6	6.7	7.1	7.4	5.9	6.2	6.2	3.2
14	4.1	3.6	5.8	6.2	5.6	6.4	4.5	5.3	5.3	3.0
16	3.5	3.1	5.3	5.2	5.4	6.0	3.7	4.8	4.8	2.5

蔬菜感官品质不仅直接影响商品价值,更是蔬菜质量综合评价最重要最直观的指标<sup>[13-14]</sup>。对照试验表明,预冷终温过低(1℃)过高(7℃)都不能保证荷兰豆贮藏期间感官品质。预冷终温过低,预冷过程中会发生冻害,产生冰晶使得植物细胞破裂,荷兰豆表皮塌陷渗水,衰败过程加速,感官品质降低;预冷终温过高,冷却不够充分,荷兰豆呼吸作用得不到抑制,贮藏前期即发黄变软。结果表明,终温是对贮藏荷兰豆感官品质影响最显著的因素。

### 2.2.2 预冷方式对荷兰豆储藏期失水率的影响

不同处理方式预冷对荷兰豆贮藏期失水率的影响如表4所示。随着贮藏时间延长,所有组别失水率均呈增加趋势,且绝对差越来越大;相同预冷终温荷兰豆,3%补水处理组与5%补水处理组相比,失水率略高;相同补水率荷兰豆,5℃终温预冷荷兰豆失水率最低;另外对照组

的失水率远高于经过预冷处理的样品失水率,差距甚至达到2倍以上。

表4 荷兰豆贮藏期间失水率

Table 4 Water-losing rate of sweet broad pea during the storage

贮藏时间/d	预冷方式										因素差异	
	1	-3% 1	-5% 3	-3% 5	-5% 5	-3% 7	-5% 7	对照	终温	补水		
2	3.51	2.32	2.02	1.23	1.34	0.75	0.76	0.43	12.39	**	*	
4	4.88	3.32	3.54	2.38	2.51	1.74	2.4	1.99	16.67	*	*	
6	6.86	6.22	5.96	4.26	4.84	3.33	3.35	2.7	20.42	**	*	
8	10.70	9.56	10.84	8.15	9.13	7.70	7.36	5.90	25.54	*	*	
10	13.61	12.69	12.32	10.78	10.71	9.7	11.42	10.75	30.35	**	**	
12	16.91	14.46	15.86	12.82	13.93	11.42	15.78	14.34	35.99	**	**	
14	20.09	18.59	19.09	16.62	16.98	15.52	18.10	19.06	41.07	-	-	
16	22.75	20.48	21.06	18.30	18.53	17.36	20.38	20.88	48.95	-	-	

注:\*.差异显著,  $P < 0.05$ ; \*\*.差异极显著,  $P < 0.01$ 。

真空预冷在保持荷兰豆贮藏过程中持水率的作用主要体现在两方面:一方面,预润湿处理会使得果蔬本身在真空预冷过程中的失水降低;另一方面,经过合理设置的预冷终温可以较好的保存产品品质<sup>[15-16]</sup>。当然不合理的预冷终温设置也会影响到真空预冷处理后的产品品质;过低的终温使得产品过度失水,并且有可能产生冻害;过高的终温设置达不到冷却要求,贮藏过程中的荷兰豆呼吸作用依旧活跃。因此,设置合适的真空预冷终温影响后续保藏过程中荷兰豆失水率。

### 2.2.3 预冷方式对荷兰豆储藏期叶绿素含量的影响

表5 预冷后荷兰豆贮藏期间叶绿素含量

Table 5 Chlorophyll content in sweet broad pea during the storage after vacuum pre-cooling treatment

贮藏时间/d	mg/g									
	1	-3% 1	-5% 3	-3% 5	-5% 5	-3% 7	-5% 7	对照		
2	18.79±0.13	18.23±0.26	15.11±0.29	18.48±0.34	16.68±0.18	19.47±0.22	16.81±0.25	16.8±0.17	18.04±0.30	
3	19.15±0.23	19.68±0.16	19.58±0.29	21.06±0.19	23.63±0.22	24.07±0.32	20.35±0.15	20.92±0.17	14.20±0.26	
4	15.00±0.31	16.11±0.23	14.42±0.14	17.51±0.28	12.85±0.16	13.85±0.27	14.68±0.18	14.79±0.20	13.69±0.24	
5	14.10±0.16	11.85±0.27	12.76±0.12	11.85±0.33	11.18±0.24	13.49±0.21	10.18±0.17	12.62±0.26	10.29±0.19	
6	9.59±0.28	9.94±0.11	8.93±0.27	9.50±0.35	8.37±0.19	11.17±0.30	9.34±0.12	9.85±0.21	7.77±0.20	

注:数据为3次重复实验“平均数±标准误差”。

从表5可以看出,叶绿素变化趋势是先略有上升,然后随着时间延长水平逐渐下降。真空预冷过程中的终温和是否补水对于该水平影响不显著,除终温5℃两样品贮藏过程中叶绿素水平较其他略高且真空预冷处理后各水平平均高于对照组之外,其他差异不很明显。

### 2.2.4 预冷方式对荷兰豆储藏期糖含量的影响

由图3可见,在预冷后的贮藏初期到末期,荷兰豆含糖量略有变化但幅度不大。整个过程中,含糖量曲线处于波动变化当中,一般会出现两个峰值,不同预冷方式使得峰值出现的时间不一样、糖分含量水平也不一样,但具体差异不明显。然而,补水率为5%组的荷兰豆含糖量比补水率3%的水平略高,经预冷组荷兰豆总糖含量在贮存过程中亦一直高于空白组。

贮存温度较低时,糖代谢缓慢,不同预冷终温荷兰豆糖含量一开始并未发生较大变化。随着荷兰豆衰老,由于大分子物质分解,总糖含量先是略有上升,之后随着荷兰豆衰老和呼吸消耗,总糖含量再下降<sup>[17-18]</sup>。补水率低的荷兰豆经真空预冷后失水率高,而荷兰豆含水量较低时,由于缺水糖代谢受到抑制,所以总糖含量高。真空预冷对于荷兰豆贮藏过程中的总糖含量有一定影响,但并不明显。

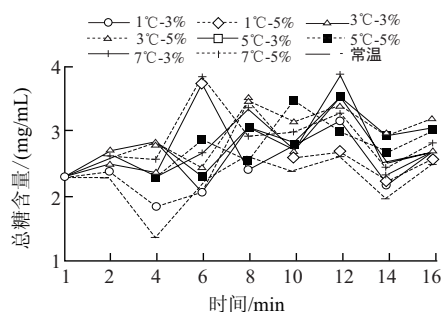


图3 真空预冷后荷兰豆贮藏期间总糖变化

Fig.3 Change of total sugar content in sweet broad pea during the storage after vacuum pre-cooling treatment

### 3 结论

适宜的预冷终温可减缓荷兰豆的失水率,保持荷兰豆的感官质量,但对总糖及叶绿素含量影响不明显。荷兰豆经预冷终温为1、3、5、7的真空预冷,预冷终温为1的处理预冷终温较低会导致荷兰豆表面发生冻害;预冷终温为7补水处理的荷兰豆冷却用时最短;而终温为5预先进行5%补水处理的荷兰豆在真空预冷后贮藏期16d内感官品质最佳。

### 参考文献:

- [1] SULLIVAN G H, DAVENPORT L R, JULIAN J W. Precooling: key factor for assuring quality in new fresh market vegetable crops[M]. Arlington: ASHS Press, 1996: 521-524.
- [2] 王强,董德发,张从菊. 差压通风预冷技术在农产品物流中的应用[J]. 当代农机, 2007, 1(12): 55-56.
- [3] 林棟樑. 蔬果預冷保鮮技術[J]. 興大農業: 蔬果保鮮專輯, 2009(68): 17-22.
- [4] 金昕祥, 张海川, 成剑, 等. 真空冷却技术的应用与研究进展[J]. 农业工程学报, 2008, 24(1): 234-238.
- [5] 王海鸥, 姜松. 真空冷却技术及其在食品工业的研究和应用[J]. 制冷, 2004(1): 33-36.
- [6] WANG Lijun, SUN Danwen. Rapid cooling of porous and moisture foods by using vacuum cooling technology[J]. Trends in Food & Technology, 2001(12): 174-184.
- [7] MATEOS-APARICIO I, REDONDO-CUENCA A, VILLANUEVA-SUÁREZ M, et al. Pea pod, broad bean pod and okara, potential sources of functional compounds[J]. Food Science and Technology, 2010, 43(9): 1467-1470.
- [8] SRIVASTAVA R, KUMAR P L, DIXIT G P. Nutritional composition and fatty acid profile of important genotypes of fieldpea (*Pisum sativum* ssp. *arvense*)[J]. Journal of Food Legumes, 2009, 22(2): 115-117.
- [9] 杨焕荣, 朱光初. 出口荷兰豆标准化生产技术规程[J]. 长江蔬菜, 2004(7): 22-23.
- [10] 江苏省农科院综合实验室. GB/T 6195—1986 水果、蔬菜维生素C含量测定法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1986.
- [11] 杨大进, 常迪, 赵馨, 等. GB/T 5009.7—2008 食品中还原糖的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [12] 新堀二千男. 切花冷链流通[J]. 食品流通技术, 1993(9): 12-18.
- [13] 何全光, 苏伟强, 任惠. 影响果蔬货架寿命的若干因素[J]. 保鲜与加工, 2008(6): 1-4.
- [14] 吕家龙, 李敏, 钱伟, 等. 蔬菜品质、标准和感官鉴定[J]. 长江蔬菜, 1992(6): 3-5.
- [15] 石小琼, 杨立明, 邓金星, 等. 闽西多子芋理化性状研究与贮藏加工初探[J]. 江西农业大学学报, 2002, 24(1): 55-62.
- [16] 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, 27(2): 142-145.
- [17] 胡小荣, 陶梅, 卢新雄, 等. 不同含水量大葱种子贮藏过程中的糖代谢研究[J]. 植物遗传资源学报, 2006, 7(1): 85-88.
- [18] 孔凡春, 沈群, 刘月, 等. 臭氧处理对果蔬中L-抗坏血酸和还原糖的影响[J]. 食品科技, 2003, 28(10): 88-90.