

文章编号:1673-1689(2006)04-0072-05

真空预冷终温对草莓短期保鲜贮藏的影响

李文香^{1,2}, 张 愨^{1,2}, 陶 菲^{1,2}, 余汉清³

(1. 江南大学 食品科学与安全教育部重点实验室, 江苏 无锡 214036; 2. 江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214036; 3. 无锡市惠山区农林局, 江苏 无锡 214174)

摘 要: 分别以 2、4、6 ℃ 作为预冷终温对草莓进行真空预冷, 以不预冷草莓为对照试验, 研究了不同预冷终温对草莓生理生化变化的影响, 并记录了草莓预冷过程中果实表面温度、内部温度及真空压力(绝对压力)的动态变化。结果表明, 真空预冷能抑制草莓呼吸强度和电导率的增加, 对减缓维生素 C(VC)、花色苷的降解也有一定作用, 但对可滴定酸及可溶性固形物影响不大。

关键词: 草莓; 真空预冷; 预冷终温; 贮藏

中图分类号: S 662

文献标识码: A

Effect of Vacuum Precooling End-temperature on Short-term Fresh Preservation of Strawberry

LI Wen-xiang¹, ZHANG Min^{1,2}, TAO Fei^{1,2}, YU Han-qing³

(1. Key Laboratory of Food Science and Safety, Ministry of Education, Southern Yangtze University, Wuxi 214036 China; 2. School of Food Science and Engineering, Southern Yangtze University, Wuxi 214036, China; 3. Department of Agriculture, Huishan District, Wuxi 214174, China)

Abstract: Vacuum precooling of strawberry were carried on at precooling end-temperature of 2 ℃, 4 ℃ and 6 ℃ respectively, with the un-vacuum precooling as control. The effect of various physiological and biochemical properties of strawberry under different precooling end-temperature was studied. The changes of fruit surface and internal temperatures, as well as vacuum pressure were recorded. The results showed that vacuum precooling could inhibit the increase in respiration intensity and electric-conductivity, slow down the decrease in vitamin C and anthocyanin. However, no significant effects on titratable acid and soluble solids were observed.

Key words: strawberry; vacuum precooling; precooling end-temperature; fresh preservation

草莓(*Eragaria ananassa duch*)属蔷薇科草莓属,果实红色,柔软多汁,酸甜可口,含有丰富的钙磷、铁、维生素 C、有机酸等对人体有益的成分,并具有清热解暑、生津止渴、利尿止泻的功效。但由于

其含水量高,质地柔嫩,易受机械损伤和微生物侵染,耐贮性很差,货架寿命较短,在草莓集中上市时,大量草莓腐烂影响生产者的利益,限制了草莓的生产和发展。因此研究草莓的贮藏保鲜显得十

收稿日期:2005-04-24; 修回日期:2005-09-03.

基金项目:江苏省农业科技攻关项目(BE2003349).

作者简介: 陶菲(1963-),女,山东安丘人,高级实验师,食品科学与工程博士研究生。

分必要。

有关草莓贮藏保鲜方面的研究,国内外已有不少报道,但大都集中在辐射保鲜^[1-3]、涂膜保鲜^[4-5]、低温冷藏^[6]、热处理^[7-10]、防腐保鲜剂的应用^[11]等方面的研究,而对草莓真空预冷工艺及预冷后对贮藏效果的影响还未见报道。本试验旨在探索一种理想的草莓真空预冷工艺,提高草莓保鲜效果。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 草莓原料 草莓由无锡市惠山区农林局提供,品种为“丰香”,试验用草莓选新鲜、无病虫害、无机械伤、果形完好、成熟度约7~8成熟,平均单果重约10 g,于2004年4月6日中午采收,采后即送至试验点。

1.1.2 包装材料 为PE水果专用盒,规格为180×120×50 mm,每盒装果200 g。

1.2 试验主要设备

装配式常压冷库;B-1.5型,无锡市企虹制冷设备有限公司产品。主要由制冷系统、温控系统及贮藏室组成;

真空预冷保鲜机;ZY-0.1型,无锡市企虹制冷设备有限公司产品。主要由真空系统、制冷系统、捕水器、预冷室及压力显示器和温度显示控制器等部分组成。该设备因自动化程度较高,在试验过程中其可控因素极少,只有预冷终温是可调控的,可根据试验需要自行设定,其余因素皆自动控制。本试验过程中,依据草莓的冰点温度为 $-0.77\text{ }^{\circ}\text{C}$,最适贮藏温度为 $0\sim 2\text{ }^{\circ}\text{C}$,为防止草莓在预冷过程中因温度骤然下降幅度太大而造成草莓低温冷害,或因温度下降幅度小而影响预冷效果的现象,将草莓预冷终温分别设定在 $2, 4, 6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下进行真空预冷。该设备压力显示器的显示范围在 $0\sim 20\text{ kPa}$ (绝对压力),大于 20 kPa 的真空压力则无法显示。而在真空预冷过程中,一般在30 s内真空压力便可从大气压力降至 20 kPa 以下,且在此阶段(即快速降压阶段)从温度显示器可观察到果实内外温度基本不变,所以,本试验中预冷过程从压力显示器开始显示压力起,记录原料的内外温度及真空压力基本可反映原料在预冷过程的动态变化。

1.3 试验方法

1.3.1 试验设计 试验共设4种处理,即分别将预冷终温设定在 $2, 4, 6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下对草莓进行真空预冷后,放 $1\sim 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ZB-1.5型装配式常压冷库贮藏,以草莓不进行真空预冷,直接放 $1\sim 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冷库贮藏为

对照试验,每种处理重复2次。

1.3.2 测试方法

(1) 果实表面温度、内部温度及真空压力:由真空预冷保鲜机自动显示。

(2) 呼吸强度:静置法^[12]。

(3) Vc含量:2,6-二氯酚钠法^[12]。

(4) 可滴定酸:酸碱中和法^[12]。

(5) 可溶性固形物:折光仪法^[12]。

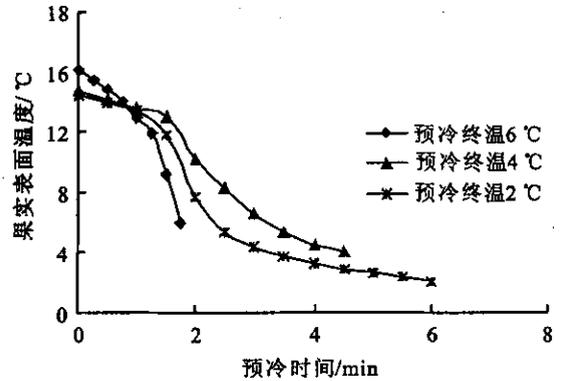
(6) 细胞膜透性:电导率仪法^[12]。

(7) 花色苷:分光光度法^[12]。

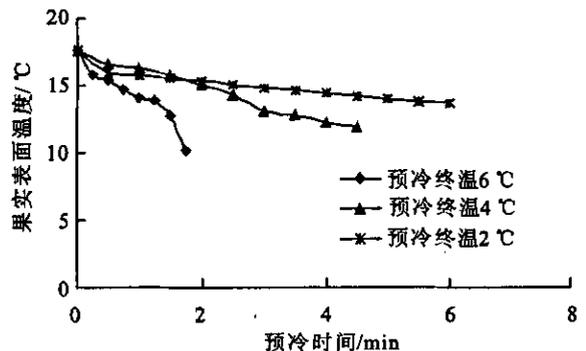
2 结果与分析

2.1 草莓真空预冷过程中果实表面温度、内部温度及真空压力的变化

草莓真空预冷过程中果实表面温度、内部温度及真空压力的变化分别如图1的(a)、(b)、(c)所示。从图1(a)可以看出,在真空预冷过程中,果实表面温度的下降一般表现为“慢-快-慢”的变化规律,但不同预冷终温果实表面温度下降的速度各不相同,因而使得预冷所需的时间也各不相同。一般预冷终温越高,预冷所需的时间就越短,反之,预冷终温越低,因后期温度下降相对较慢,使预冷所需的时间延长。本试验中预冷终温为 $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的处理,其预冷所需的时间最长,约需6 min;而预冷终温为 $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的处理,其预冷所需的时间最短,不到2 min。



(a) 果实表面温度的变化



(b) 果实内部温度的变化

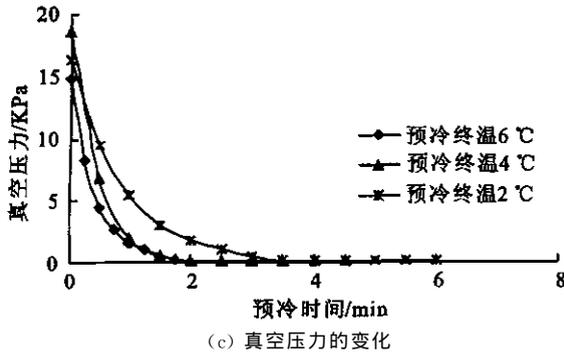


图1 草莓真空预冷过程中果实表面温度、内部温度及真空压力的变化

Fig. 1 The change of fruit surface and internal temperatures, as well as vacuum pressure during vacuum precooling of strawberry

从图1(b)可以看出,在真空预冷过程中,果实内部温度的下降一般比较缓慢,下降幅度也较小,尤其当预冷终温较低时,随着预冷时间的延长,温度变化非常缓慢,这可能与真空预冷过程中真空压力的变化不同有关。

从图1(c)可以看出,在真空预冷过程中,真空压力的下降均表现为“先快后慢”的变化规律,但其下降的速度不尽相同。预冷终温越低的处理,其真空压力下降的速度反而越慢,这可能是导致果实内外温度表现不同变化规律,预冷时间各不相同的直接原因。因为真空预冷过程是一个先快速降压,再是水分急剧蒸发,随后才是快速降温的过程,也即只有当真空压力下降到一定程度,达到水分的闪蒸点时(一般在2 kPa左右),原料本身的水分大量蒸发,带走蒸发潜热,使物料温度迅速下降的过程。若真空压力下降速度越慢,达到水分闪蒸点所需的时间就越长,物料温度的下降被延迟,使得预冷时间也相应延长。但为什么预冷终温越低,真空压力下降速度却越慢,还有待于进一步探讨。

2.2 草莓贮藏过程中呼吸强度的变化

草莓属呼吸非跃变型果实,但在后熟衰老过程中呼吸强度上升,有人称之为末期上升型。草莓贮藏过程中呼吸强度的变化见图2。

从图2可以看出,草莓刚采收时呼吸强度较高,经真空预冷后可不同程度地降低其呼吸强度,其中预冷终温为6、4℃的处理呼吸强度下降幅度较大,而预冷终温为2℃的处理呼吸强度下降幅度较小,这一方面可能是由于该处理在预冷过程中,因预冷终温较低,且预冷温度控制系统存在反映滞后现象,导致果实表面受轻度冷害;另一方面,也可能是因为果实内部温度下降幅度较小之故。在草莓贮藏过程中,经真空预冷的草莓其呼吸强度普遍

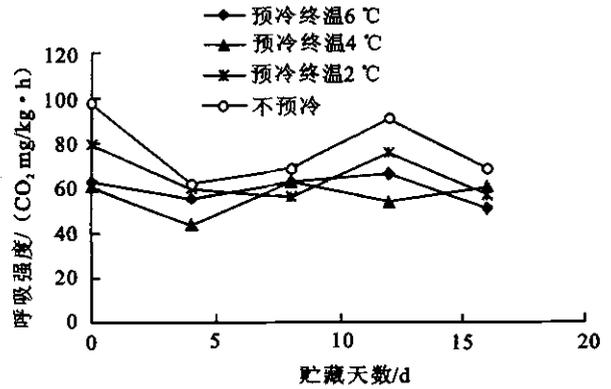


图2 草莓贮藏过程中呼吸强度的变化

Fig. 2 The change of respiratory intensity during the storage of strawberry

低于未经真空预冷的草莓,但变化的趋势基本一致,都表现为先下降,然后缓慢上升,至一最大值后再度下降。未经真空预冷的草莓其呼吸强度的最大值比经真空预冷的要高,以预冷终温为4℃的处理其呼吸强度上升的幅度最小。因此,真空预冷可抑制草莓贮藏过程中的呼吸强度,在不产生冷害条件下,随着预冷终温的降低,其抑制效果越明显。

2.3 草莓VC含量的变化

草莓贮藏过程中VC含量的变化见图3。从图3可以看出,草莓在整个贮藏过程中VC含量的变化幅度不大,一般表现为“先升后降”的变化趋势,至试验结束时,不经真空预冷及预冷终温为2℃的处理VC含量略低于原料采收之初,而预冷终温为4、6℃的处理VC含量则高于原料采收之初。所以,选择适宜的预冷终温可抑制VC的降解。草莓采后VC含量持续升高主要是由于草莓采后有一个后熟过程,当VC含量达到最大值时,即为草莓达到最佳食用品质之时,从图可以看出,VC含量的最大值大多出现在呼吸峰值之前。

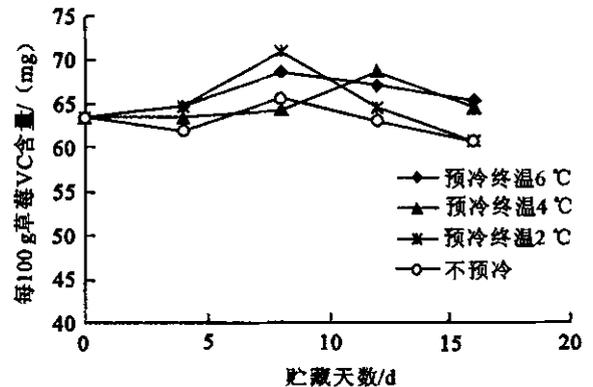


图3 草莓贮藏过程中VC含量的变化

Fig. 3 The change of vitamin C during the storage of strawberry

2.4 草莓可滴定酸的变化

可滴定酸含量是决定草莓风味的一个重要因

素。在草莓贮藏过程中,可滴定酸的变化如图 4。从图 4 可以看出,草莓贮藏过程中可滴定酸的变化大都呈下降的变化趋势。至贮藏结束时各处理间可滴定酸的差异不大,只有预冷终温为 4 ℃ 的处理其可滴定酸略高于其它处理。因此,真空预冷对草莓贮藏过程中可滴定酸的影响不明显。

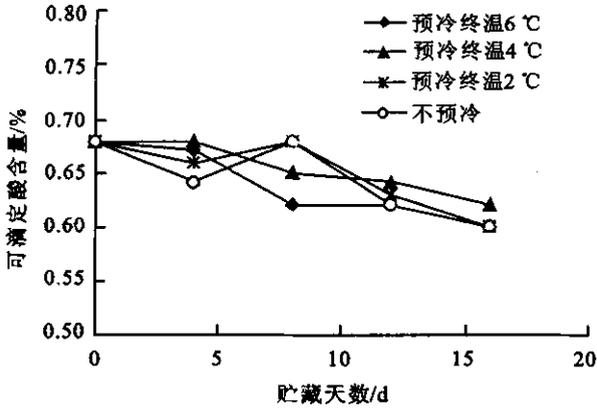


图 4 草莓贮藏过程中可滴定酸的变化

Fig. 4 The change of titratable acid during the storage of strawberry

2.5 草莓可溶性固形物质量分数的变化

草莓贮藏过程中可溶性固形物质量分数的变化如图 5。从图 5 可以看出,各处理间可溶性固形物的变化规律不尽一致,不经真空预冷及预冷终温为 2 ℃ 的处理的可溶性固形物变化基本呈下降趋势,预冷终温为 6、4 ℃ 的处理可溶性固形物变化则表现为先稍微升高而后逐渐下降的变化趋势,至贮藏结束时,预冷终温为 4、2 ℃ 的处理可溶性固形物略高于不经真空预冷及预冷终温为 6 ℃ 的处理,但差异不显著。因此,真空预冷对可溶性固形物的影响不显著。

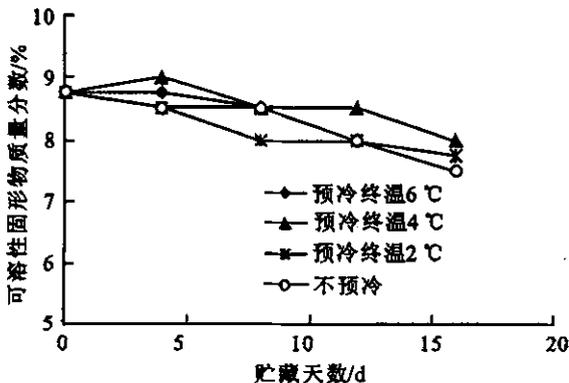


图 5 草莓贮藏过程中可溶性固形物含量的变化

Fig. 5 The change of soluble solids during the storage of strawberry

2.6 电导率的变化

随着草莓果实采后后熟与衰老,果肉细胞膜的完整性会受到破坏,使得细胞膜渗透性逐渐增大,

具体表现在组织间的电导率增加。草莓贮藏过程中电导率的变化如图 6。

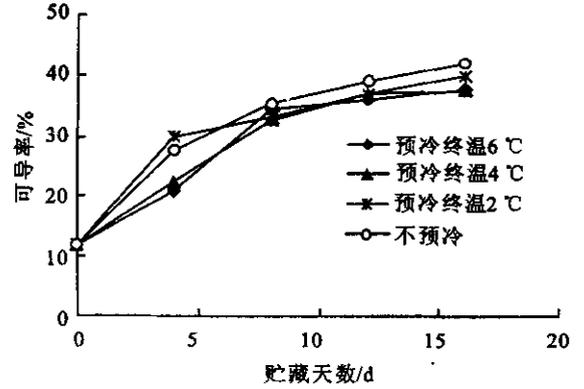


图 6 草莓贮藏过程中电导率的变化

Fig. 6 The change of electric conductivity during the storage of strawberry

从图 6 可以看出,各处理的电导率均随贮藏时间的延长而增大,但未经真空预冷及预冷终温为 2 ℃ 的处理电导率普遍高于预冷终温为 4、6 ℃ 的处理,也即适宜的预冷终温可抑制电导率的增加,在不产生冷害的前提下,随着预冷终温的降低抑制效果越好,但即使受轻微的冷害也会对细胞膜造成损伤,使电导率增加。因此,在预冷过程中一定要谨防冷害的发生。

2.7 草莓花色苷质量分数的变化

草莓果实的色泽,主要是由花色苷类物质决定的,在草莓贮藏过程中花色苷物质会受到不同程度的破坏而影响草莓的色泽,因此花色苷质量分数常用作草莓衰老的指标之一。草莓贮藏过程中花色苷质量分数的变化如图 7。

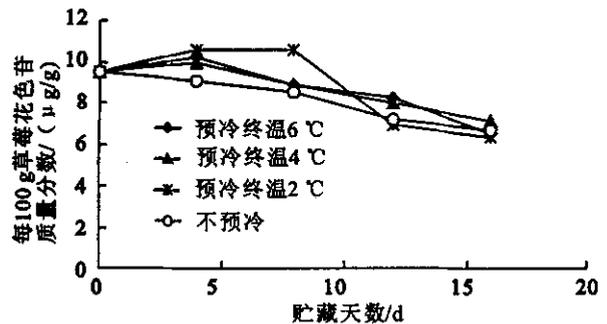


图 7 贮藏过程中草莓花色苷质量分数的变化

Fig. 7 The change of anthocyanin during the storage of strawberry

从图 7 可以看出,各处理的花色苷质量分数在贮藏过程中呈下降趋势,其中不经真空预冷的对照组,其花色苷在整个贮藏过程中的下降速度均较快,而预冷终温为 2、4、6 ℃ 的处理花色苷在贮藏初期稍有上升而后逐渐下降,且预冷终温为 2 ℃ 的处理花色苷在贮藏后期下降速率比较快,也就是说,

在真空预冷过程中的轻度冷害,对草莓贮藏前期色泽的影响不明显,但在贮藏后期,花色苷降解速度加快。因此选择适宜的预冷终温进行真空预冷可抑制花色苷的下降,但预冷终温偏高或偏低效果均较差。

3 结果与讨论

1) 草莓经不同预冷终温的真空预冷后能抑制其呼吸强度和电导率的增加,适宜的预冷终温可减缓VC、花色苷的降解,在不产生冷害条件下,随着预冷终温的降低,其效果越明显;但对可滴定酸及可溶性固形物影响不明显。

2) 草莓经预冷终温为2、4、6℃的真空预冷后,其中预冷终温为2℃的处理,因预冷终温较低,且由于预冷温度控制系统存在着反映滞后现象,导致果实表面发生轻度冷害,而预冷终温为4、6℃的处

理,则未表现冷害症状。

3) 真空预冷是草莓预冷的方式之一,其作用是将新采收的草莓在贮藏前迅速除去田间热,将其温度降至适宜的温度范围,以最大限度的降低果实自身代谢,更好地保持其食用品质。真空预冷以其降温快而优于其它预冷方法,应该获得明显优于对照的良好贮藏效果,但本试验效果不十分理想。这一方面可能是由于早春气温较低,草莓果实本身的温度也比较低,因而使得预冷效果不明显;另一方面,在草莓真空预冷过程中,从温度变化曲线也可以看出,尽管果实表面温度分别下降至所控制的温度,但果实内部温度下降幅度较小,这可能也是造成草莓真空预冷效果不佳的重要原因。

4) 有关草莓真空预冷的最佳工艺,还有待预进一步的探讨,但限于真空预冷设备的可控因素较少,今后设想对真空预冷设备作可能的改进。

参考文献:

- [1] Quaranta H O, Piccini J L. Radintion preservation of strawberry[J]. *Fruit Radition Effects*, 1984, 81(1/2): 2.
- [2] 徐世红. 草莓辐射保鲜工艺研究[J]. *辐射工艺学报*, 1992, 10(1): 57-59.
- [3] 赵永富, 谢宗侯, 陆兆新. 辐照草莓室温贮藏保鲜研究[J]. *核农学报*, 1999, 19(1): 23-26.
- [4] 冯双庆, 蒋维浩, 扬德强, 等. 不同采后处理对草莓品质和腐烂的影响[J]. *北京农业大学学报*, 1993, 19(3): 53-57.
- [5] 严景华, 李文忠, 蔡永萍. 九种保鲜液膜对草莓常温保鲜效果的研究[J]. *安徽农业大学学报*, 1999, 26(2): 233-236.
- [6] 郝利平. 近冰点温度贮藏草莓的研究[J]. *食品科学*, 1993, 10(1): 21-24.
- [7] Civello PM, Martinez GA, Chaves AR, et al. Heat treatments delay ripening and postharvest decay of strawberry fruit[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1997, 45(2): 4589-4594.
- [8] Garcia JM, Aguilera C, Jimenez AM. Gray mold in and quality of strawberry fruit following postharvest heat treatment[J]. *Hort Science*, 1996, 31(2): 255-257.
- [9] 刘殊. 采后热处理对草莓保鲜的生理效应[J]. *果树科学*, 1998, 15(2): 280-282.
- [10] 张子德, 马俊莲. 草莓采后热处理保鲜效应研究[J]. *河北农业大学学报*, 1994(93): 107-110.
- [11] 王绍美. 草莓保鲜效果及生理生化特性研究[J]. *贵州农业科学*, 1997, 25(5): 13-16.
- [12] 杨增军, 张华云. 果蔬贮藏学实验指导[M]. 山东: 莱阳农学院, 1995, 7: 9-46.

(责任编辑: 杨萌)