

DOI:10.3969/j.issn.1000-1298.2010.08.028

鸡蛋强制通风预冷工艺研究*

刘美玉¹ 崔建云² 任发政² 李健² 连海平³

(1. 河北工程大学食品科学系, 邯郸 056021; 2. 中国农业大学食品科学与营养工程学院, 北京 100083;

3. 邯郸县农牧局, 邯郸 056001)

【摘要】 研究了鲜鸡蛋放入冷藏库前采用强制通风预冷时冷风温度、通风速度、鸡蛋质量等参数对鸡蛋预冷效果的影响。结果显示:风温越低,预冷速度越快,预冷风温选择0℃最合适;一定范围内风速越大,预冷速度越快,但风速在1.67 m/s左右预冷效率最高;随着鸡蛋质量的增大预冷速度减慢,故鸡蛋预冷前应按质量分级,分级预冷使预冷速度一致,保证预冷效果;最有效的预冷时间为60 min。

关键词: 鸡蛋 保鲜 预冷 强制通风

中图分类号: TS253.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2010)08-0135-05

Forced-air Precooling Conditions of Eggs

Liu Meiyu¹ Cui Jianyun² Ren Fazheng² Li Jian² Lian Haiping³

(1. Department of Food Science, Hebei University of Engineering, Handan 056021, China

2. College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China

3. Handan Bureau of Agriculture and Animal Husbandry, Handan 056001, China)

Abstract

Forced-air precooling to the egg fresh keeping and storage was applied, and the effect of cold air temperature, ventilation velocity, and the egg weight in the precooling process was investigated. The results showed that the lower the cold air temperature was, the quicker the precooling velocity would be. The appropriate precooling temperature was 0℃. Also, the precooling velocity increased as the ventilation velocity increased in certain extent. A high precooling efficiency could be achieved when the ventilation velocity was 1.67 m/s. The precooling velocity reduced when the egg was bigger. So the eggs should be divided by the weight first, and then precooled according to the levels to keep the consistent precooling velocity. The best effective precooling period was within 60 min.

Key words Egg, Fresh keeping, Precooling, Forced-air

引言

鸡蛋生产旺季存在大量积压甚至腐败变质的严重问题,并且我国以鲜蛋消费为主(占总产量90%以上)^[1],因此研究鸡蛋贮藏保鲜很有必要。鸡蛋刚产出时,蛋内温度与鸡体温相近(41.5℃),呼吸作用旺盛。冷藏能有效减缓鸡蛋呼吸作用,延长保质期。但若把温度高的鲜蛋直接送入冷藏库,鲜蛋

降温缓慢,影响其质量;同时库内温度骤升,原有的已冷却产品温度上、下波动,质量和保质期受影响;且冷藏库制冷负荷猛增。预冷可迅速使鸡蛋冷却到合适的储藏温度,有利于保持其营养成分和新鲜度^[2],同时还可减轻冷藏库的制冷负荷^[3]。农产品常用的预冷方式有冷风预冷(按冷风循环方式分为冷库内空气预冷、强制通风预冷和差压通风预冷)、真空预冷、冷水预冷和加冰预冷等^[4-6]。其中强制

收稿日期: 2010-03-06 修回日期: 2010-05-12

* “十一五”国家科技支撑计划资助项目(2006BAD22B04)

作者简介: 刘美玉,副教授,主要从事畜产品贮藏保鲜与加工研究,E-mail: Lmy200751@163.com

通讯作者: 任发政,教授,博士生导师,主要从事畜产品加工和功能食品研究,E-mail: Renfazheng@263.net

通风预冷适用范围较广^[7-8],操作简单,投资和运转费用少,预冷效果较好,易于在生产上推广应用,是目前较为实用、有效的预冷方式^[9-10]。本实验采用冷库内强制通风预冷方式对鸡蛋进行处理,研究风温、风速、鸡蛋质量对预冷效果的影响,确定最佳预冷工艺,为鸡蛋贮藏保鲜提供理论和技术依据。

1 实验材料与方法

1.1 材料和设备

实验用鸡蛋为产后第二天的新鲜蛋,大小均匀,质量 (62 ± 1) g,德青源健康养殖生态园提供,海兰褐鸡生产。通风预冷箱,自制;风速/风量计,衡欣科技股份有限公司,解析度 0.01 m/s;PT100型温度传感器,北京赛亿凌科技有限公司,精度为 ± 0.1 °C;BP-7033型数据采集模块,北京合世兴业科技有限公司;电热恒温培养箱,上海精宏实验设备有限公司。

1.2 实验方法

鸡蛋先放在 29 °C恒温培养箱中,使预冷前鸡蛋初始温度稳定。将通风预冷箱整体放入冷库,鸡蛋置于通风预冷箱体内,把PT100型温度传感器的探头插入鸡蛋中心部位,用胶带固定探头于蛋壳上;开动风机使冷风从箱内鸡蛋表面通过。冷库内保持相对湿度 $85\% \sim 90\%$,以减少通风预冷时鸡蛋的干耗。利用变频器调节风机转速,以获得不同的通风速度;通过调节冷库温度,获得不同的冷风温度;PT100型温度传感器和BP-7033型数据采集模块组合跟踪测试鸡蛋的整个降温过程,设置每 60 s采集一次温度值,数据信号通过RS-232C接口传送到计算机存储和分析。强制通风预冷实验装置结构简图如图1所示。

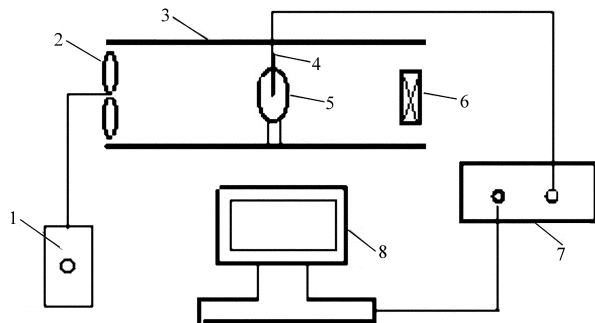


图1 强制通风预冷实验装置结构简图

Fig.1 Schematic diagram of forced-air precooling experimental device

1. 变频器 2. 风机 3. 通风预冷箱体 4. PT100型温度传感器
5. 鸡蛋 6. 风速/风量计 7. BP-7033型数据采集模块 8. 计算机

根据资料和预试验结果设定实验条件,冷风温度 t_a 取 $0, 4, 8, 12$ °C,通风速度 v 取 $0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0$ m/s。每个实验点做3次重复(即测3枚鸡蛋),

数据用Excel整理,并生成图形。

2 结果与分析

2.1 冷风温度对鸡蛋预冷效果的影响

风速恒定为 1 m/s,在冷风温度 $0, 4, 8, 12$ °C下,鸡蛋中心温度随预冷时间的变化曲线如图2所示。冷风温度对鸡蛋的温度变化影响很大,风温越低,鸡蛋中心温度下降越快,达到设定温度的预冷时间就越短,即预冷速度越快。当风温一定时,鸡蛋中心温度随预冷时间而降低,但温度变化率逐渐变小;当预冷时间一致时,鸡蛋中心温度随预冷风温减小而降低。预冷 60 min时不同风温下的鸡蛋中心温度分别达到 $2.60, 5.73, 9.51, 13.55$ °C,接近设定的冷风温度,之后鸡蛋温度降低都非常缓慢。

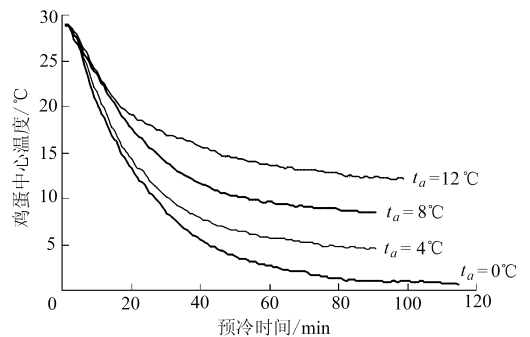


图2 不同冷风温度下鸡蛋中心温度随预冷时间的变化曲线

Fig.2 Variation of egg center temperature with time at different air temperatures

风速为 1 m/s时不同冷风温度下鸡蛋降温速率随预冷时间的变化曲线如图3所示。起初鸡蛋的降温速率随预冷时间迅速升高, $5 \sim 7$ min内分别达到

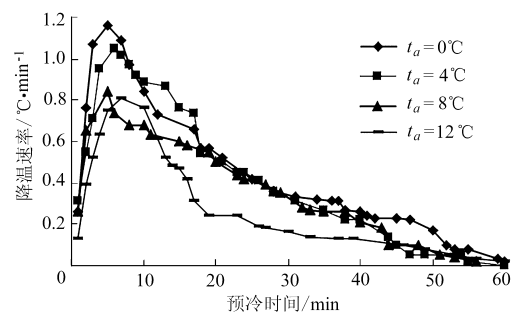


图3 不同冷风温度下鸡蛋降温速率随预冷时间的变化曲线

Fig.3 Variation of egg cooling rate with time at different air temperatures

最高值(峰值和时间分别是: 1.16 °C/min, 5 min; 1.05 °C/min, 6 min; 0.84 °C/min, 5 min; 0.81 °C/min, 7 min),可见冷风温度越低,降温速率越大;之后降温速率又逐渐下降。因为开始时鸡蛋中心温度与冷风温度的差值大,降温速率大;随着预冷过程的进

行,鸡蛋中心温度在逐渐降低,它与冷风温度的差值逐渐减小,降温速率也逐渐减小。预冷 60 min 后不同冷风温度下的鸡蛋降温速率分别为 0.02、0.01、0.01、0.01 °C/min,几乎都接近于零。

可见降低冷风温度能加快鸡蛋预冷速度,缩短预冷时间。鸡蛋的冻结点为 -0.6°C 左右,预冷温度不能低于此温,以防冻裂蛋壳,故预冷风温选择 0°C 较合适;并且在 60 min 内预冷效率最高。所以可选择在 0°C 预冷库内用强制通风方式对鸡蛋预冷 60 min,使蛋温迅速降低,最大限度保持鸡蛋的新鲜度。

2.2 风速对鸡蛋预冷效果的影响

冷风温度恒定为 0°C ,在风速 0、0.5、1.0、1.5、2.0 m/s 下,鸡蛋中心温度随预冷时间的变化如图 4 所示。风速对鸡蛋的温度变化影响较大,风速越大鸡蛋中心温度下降越快,达到预定冷却温度所需的时间越短,这与谭晶莹^[11]、Ibrahim Dincer^[12] 等的研究结果相似。当风速一定时,鸡蛋中心温度随预冷时间而降低,但是温度变化率逐渐变小;当预冷时间一致时,鸡蛋中心温度随预冷风速增大而降低。

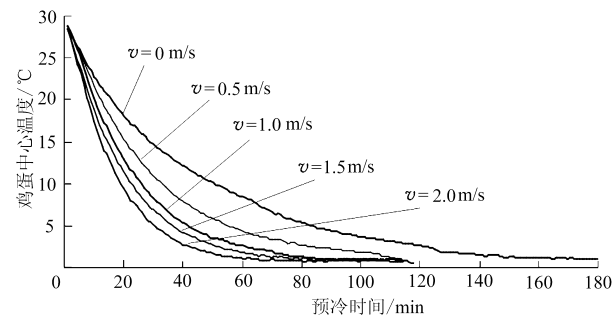


图 4 不同通风速度下鸡蛋中心温度随预冷时间的变化曲线

Fig. 4 Variation of egg center temperature with time at different ventilation speeds

风温 0°C 时不同风速下鸡蛋降温速率随预冷时间的变化曲线如图 5 所示,起初鸡蛋的降温速率随预冷时间迅速升高,4~5 min 内达到最高值(峰值和时间分别是: $0.75^{\circ}\text{C}/\text{min}$, 5 min; $0.95^{\circ}\text{C}/\text{min}$, 5 min; $1.16^{\circ}\text{C}/\text{min}$, 4 min; $1.23^{\circ}\text{C}/\text{min}$, 4 min; $1.47^{\circ}\text{C}/\text{min}$, 4 min),可见风速越高,降温速率越大;之后降温速率又逐渐下降。预冷 60 min 后不同风速下鸡蛋降温速率变得很小,分别达到 0.05、0.06、0.06、0.05、0.06 °C/min,之后预冷效率很低。

农产品预冷中常采用 7/8 冷却时间来衡量预冷效果和速度,以避免冷风温度的影响,从本质上反映预冷的实际效果^[13-14]。7/8 冷却时间是指农产品温度与冷风温度的差值为初始温度与冷风温度差值的 1/8 时所对应的冷却时间,其数学表达式为

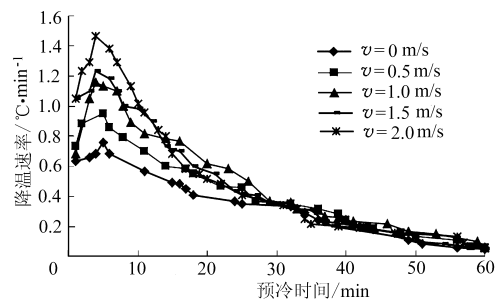


图 5 不同通风速度下鸡蛋降温速率随预冷时间的变化曲线

Fig. 5 Variation of egg cooling rate with time at different ventilation speeds

$$\frac{t - t_a}{t_0 - t_a} = \frac{1}{8}$$

式中 t ——农产品温度 t_0 ——农产品初始温度
在不同风温 ($0、4、8、12^{\circ}\text{C}$)、不同风速 ($0、0.5、1.0、1.5、2.0 \text{ m/s}$) 下,测得鸡蛋的 7/8 冷却时间的变化曲线如图 6 所示。

将实验数据进行非线性回归,所得回归曲线函数和 R^2 值分别是: $y = 17.429x^2 - 65.057x + 98.314$, $R^2 = 0.9871$; $y = 37.143x^2 - 112.69x + 122.37$, $R^2 = 0.9057$; $y = 30x^2 - 103.4x + 132.6$, $R^2 = 0.9692$; $y = 21.429x^2 - 67.857x + 100.31$, $R^2 = 0.9915$ 。实测值和回归值相关系数都在 0.9 以上。从回归曲线函数看出,通风速度与 7/8 冷却时间是二次函数关系(倒抛物线型)。这类曲线都存在一个临界风速点,在此点 7/8 冷却时间最小,也即预冷速度最快。风速达不到或超过这个临界点,7/8 冷却时间都会增大。为确定不同实验条件下临界点的风速,求回归曲线函数的抛物线顶点,其顶点横坐标即临界点风速分别是 1.87、1.52、1.72、1.58 m/s,平均 1.67 m/s。因此鸡蛋预冷风速一般可控制在 1.67 m/s 左右,若风速再继续增大,不但预冷速度减缓,而且风机的能耗大增(风机功率按转速三次方的比例增加^[15-17]),鸡蛋失重率也会增加。

2.3 鸡蛋质量对预冷效果的影响

实验用的大鸡蛋质量 (74 ± 1) g,小鸡蛋质量 (56 ± 1) g。在风温 0°C 、风速 1.67 m/s 条件下,测得质量不同的鸡蛋中心温度随预冷时间的变化曲线如图 7 所示。鸡蛋质量对其中心温度变化也有影响,小鸡蛋中心温度下降较快,达到预定冷却温度所需时间较短;大鸡蛋中心温度下降较慢,达到预定冷却温度所需时间较长。由于大鸡蛋中心到表面的蛋白质层厚,传热较慢,故降温速度慢。

不同质量鸡蛋降温速率随预冷时间的变化曲线如图 8 所示,小鸡蛋比大鸡蛋降温速率上升得快、峰值高,前者 4 min 时达到峰值 $1.47^{\circ}\text{C}/\text{min}$,后者 8 min

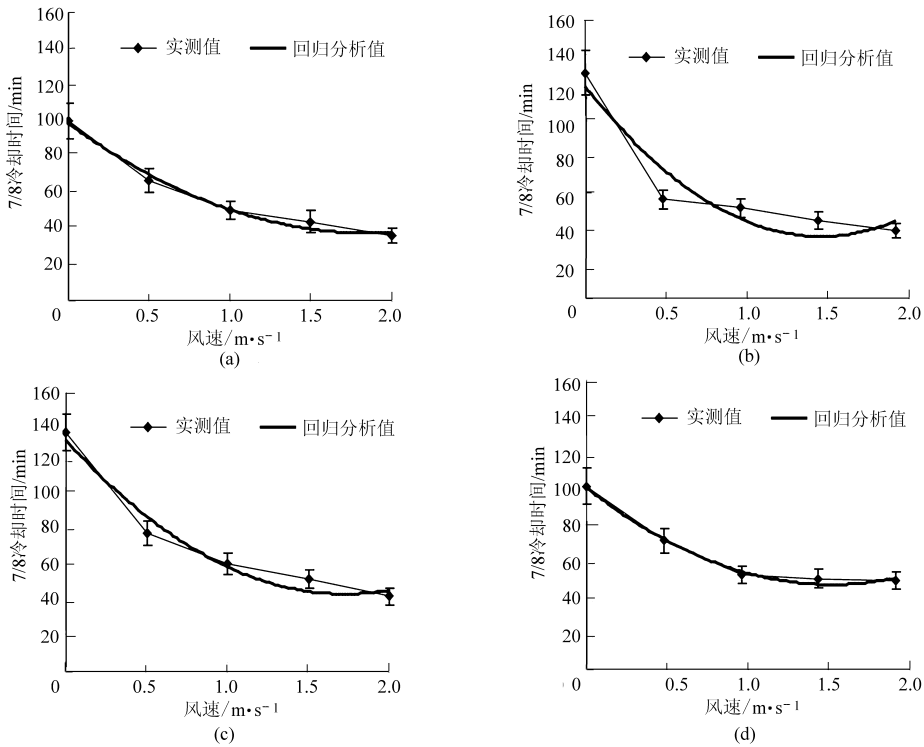


图6 不同温度下鸡蛋的7/8冷却时间随风速的变化曲线

Fig. 6 Variation of egg 7/8 cooling time with ventilation speeds at different air temperatures

(a) $t_a = 0^\circ\text{C}$ (b) $t_a = 4^\circ\text{C}$ (c) $t_a = 8^\circ\text{C}$ (d) $t_a = 12^\circ\text{C}$

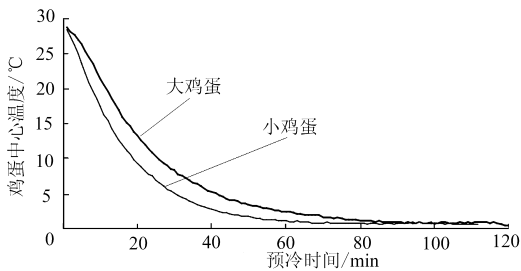


图7 不同质量鸡蛋中心温度随预冷时间的变化曲线

Fig. 7 Variation of egg center temperature with time at different egg weights

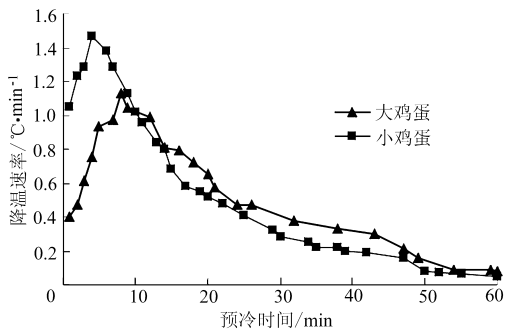


图8 不同质量鸡蛋降温速率随预冷时间的变化曲线

Fig. 8 Variation of egg cooling rate with time at different egg weights

时才达到峰值 $1.13^\circ\text{C}/\text{min}$; 且小鸡蛋比大鸡蛋的降温速率下降也快。若质量不同的鸡蛋放在一起预冷, 则冷却不均匀, 影响预冷效率, 所以在鸡蛋预冷

时先按 SN/T0422-1995 出口鲜蛋检验规程中的鲜鸡蛋质量等级规格分级, 同一级别的鸡蛋放在一起预冷, 使同一批次鸡蛋冷却速度均匀一致, 以提高鸡蛋的贮藏保鲜效果。

3 结论

(1) 冷风温度对鸡蛋预冷速度影响很大, 风温越低, 预冷速度越快。综合考虑多种因素, 预冷风温选择 0°C 。

(2) 风速对鸡蛋预冷速度影响较大, 在一定范围内风速越大, 预冷速度越快, 但风速 1.67 m/s 时, 预冷效率最高。

(3) 鸡蛋质量对预冷速度也有影响, 鸡蛋越大预冷速度越慢, 达到预定冷却温度所需时间越长。故鸡蛋预冷前先按质量分级, 按级别分开预冷, 使预冷速度一致。

(4) 从不同风速、风温对鸡蛋预冷效果的影响分析, 60 min 之内预冷效率最高。

(5) 为获得鸡蛋的最佳预冷效果, 可采用在 0°C 预冷库内强制通风预冷, 风速 1.67 m/s , 预冷 60 min , 使蛋温迅速降低, 再放入冷藏库储藏, 以最大限度延长鲜蛋的保鲜期; 预冷前先按质量分级, 按级别分开预冷, 以提高预冷效果。

参 考 文 献

- 1 马美湖. 我国蛋与蛋制品加工重大关键技术筛选研究报告(一)[J]. 中国家禽,2004,26(23):3~5.
- 2 Keener K M, Anderson K E, Curtis P A, et al. Determination of cooling rates and carbon dioxide uptake in commercially processed shell eggs using cryogenic carbon dioxide gas[J]. Poultry Science,2004,83(1):89~94.
- 3 孙金萍. 预冷及转运环节对冷链运输影响的研究[J]. 制冷学报,1997,18(4):47~51.
Sun Jinping. The study on the affect to the cool-chain for precooling and exchanging between means of transport [J]. Refrigeration Journal,1997,18(4):47~51. (in Chinese)
- 4 杨洲,黄燕娟,赵春娥. 果蔬通风预冷技术研究进展[J]. 中国农学通报,2003,22(9):471~473.
Yang Zhou, Huang Yanjuan, Zhao Chun'e. Research advances on forced-air pre-cooling technique for fruits and vegetables [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2003,22(9):471~473. (in Chinese)
- 5 Tadhg Brosana, Da-WenSun. Precooling techniques and application for horticulture products—a review[J]. International Journal of Refrigeration,2001,24(2):154~160.
- 6 Guillou R. Coolers for fruits and vegetables[M]. Calif Agr Exp Sta Bull, Berkeley: Calif. Agr. Exp. Sta,1960:773~779.
- 7 刘凤珍,刘晓东. 甘蓝通风预冷实验研究[J]. 制冷,2001,20(1):6~8.
Liu Fengzhen, Liu Xiaodong. The experimental study in cabbage pressure pre-cooling[J]. Refrigeration, 2001,20(1):6~8. (in Chinese)
- 8 Watkins J B, Ledger S. Forced-air cooling[M]. 2nd ed. Brisbane, Australia: Queensland Dept. of Primary Industries, 1990.
- 9 刘斌,郭亚丽,邹同华. 强制通风预冷风速选择研究[J]. 食品科学,2004,25(7):181~183.
Liu Bin, Guo Yali, Zou Tonghua. Study on selection of supplying air velocity of the forced-air pre-cooling[J]. Food Science, 2004,25(7):181~183. (in Chinese)
- 10 段洁利,杨洲,马征,等. 荔枝果实通风预冷试验研究[J]. 食品科学,2007,28(7):504~507.
Duan Jieli, Yang Zhou, Ma Zheng, et al. Study on forced-air pre-cooling of litchi fruits[J]. Food Science, 2007,28(7):504~507. (in Chinese)
- 11 谭晶莹,杨昭. 苹果强制通风预冷试验[J]. 农业机械学报,2008,39(7):96~98.
Tan Jingying, Yang Zhao. Experimental study on forced-air precooling of apples in bulk [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008,39(7):96~98. (in Chinese)
- 12 Ibrahim Dincer. Air flow precooling of individual grapes[J]. Journal of Food Engineering, 1995,26(2):243~249.
- 13 刘凤珍,王强. 草莓差压通风预冷过程中影响参数的研究[J]. 制冷学报,2001,22(4):49~53.
Liu Fengzhen, Wang Qiang. Study of parameters affecting cooling rate in forced-air precooling of strawberry [J]. Refrigeration Journal,2001,22(4):49~53. (in Chinese)
- 14 Teruel Bárbara, Cortez Luis, Leal Paulo, et al. Forced-air cooling of banana[J]. Rev. Bras. Frutic., 2002,24(1):142~146.
- 15 何晖,冯圣洪. 变频调速技术在差压预冷库的应用探讨[J]. 制冷与空调,2003,3(3):30~32.
He Hui, Feng Shenghong. Application of the variable-frequency technique in the pressure pre-cooling storage [J]. Refrigeration and Air Conditioning, 2003,3(3):30~32. (in Chinese)
- 16 Lambrios G, Assimaki H, Mandopoulou H, et al. Air precooling and hydrocooling of Hayward kiwifruit [J]. Acta Hort, 1997,444:561~566.
- 17 Baird C D, Gaffney J J, Tabbot M T. Design criteria for efficient and cost effective forced air cooling system for fruit and vegetables[C]//ASHRAE Transactions, The 1988 Winter Meeting, DA-88-17-4, 1988,94(1):1434~1441.