

## PRÉ-RESFRIAMENTO DE MAÇÃ (*Malus domestica* Borkh.), cv. FUJI, EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA E VELOCIDADE DO AR<sup>1</sup>

MARIA IVETE DE FREITAS LOUZADA<sup>2</sup>, IVAN SESTARI<sup>3</sup>, ARNO BERNARDO HELDWEIN<sup>4</sup>, AURI BRACKMANN<sup>5</sup>

**RESUMO** - O objetivo do trabalho foi determinar o efeito de três velocidades e três temperaturas do ar, no pré-resfriamento de maçã, cv. Fuji, até 5°C. Os tratamentos utilizados originaram-se da combinação de três temperaturas (-1, -2 ou -3°C) e três velocidades do ar de resfriamento (1, 2 ou 3 m.s<sup>-1</sup>). O decréscimo da temperatura dos frutos é maior e seu tempo de resfriamento diminui com o aumento da velocidade de 1 m.s<sup>-1</sup> para 3 m.s<sup>-1</sup> e a redução da temperatura do ar de refrigerado de -1°C para -3°C; sendo o decréscimo da temperatura e o tempo de resfriamento das maçãs mais dependentes da velocidade do ar de refrigeração do que da temperatura obtida na entrada do túnel. Existe uma relação direta entre o decréscimo de temperatura dos frutos e a posição das caixas no túnel pré-resfriador. Com uma velocidade de 3 m.s<sup>-1</sup> e temperatura de -3°C foi possível resfriar maçãs de 25 para 5°C, em 40 minutos.

**Termos de indexação:** Temperatura de refrigeração, velocidade do ar.

## PRECOOLING OF APPLES (*Malus domestica* Borkh.) cv. FUJI, AS A FUNCTION OF THE TEMPERATURE AND VELOCITY OF THE AIR

**ABSTRACT** - The objective of this study was to determine the relationship between three velocities and three temperatures of the air used to precool Fuji apples down to 5°C. The treatments resulted from the combination of three temperatures (-1, -2 or -3°C) and three air velocities (1, 2 or 3 m.s<sup>-1</sup>). The results indicate that the fruit cooling rate increases and the time for cooling decreases with increases in air velocity from 1 to 3 m.s<sup>-1</sup> and decreases in air temperature from -1 to -3°C. The rate and time of cooling of the apples are much more dependent upon the velocity of the cooling air than the air temperature at the entrance. There is also a relationship between fruit cooling rate and the position of the boxes in the tunnel. With cooling air in the velocity of the 3 m.s<sup>-1</sup> and temperature of -3°C it was possible to cool down apples from 25 to 5°C in 40 minutes.

**Index terms:** Air temperature, air velocity.

O pré-resfriamento é uma das mais importantes etapas pós-colheita que consiste na remoção rápida de calor do campo dos frutos antes do armazenamento, processamento ou comercialização (Hardenburg et al., 1986). A maioria das câmaras de armazenagem não possui suficiente capacidade de refrigeração e nem o movimento de ar com velocidade suficiente para efetuar um resfriamento rápido dos produtos recém armazenados. Desta forma, o pré-resfriamento, geralmente, é uma operação separada e que necessita de equipamentos de maior capacidade de refrigeração.

O Brasil, apesar de ser um país tropical, dispõe de poucos pré-resfriadores comerciais. Além disso, pela falta de conhecimento dos produtores, o armazenamento ainda é feito de forma bastante precária e o pré-resfriamento dos frutos geralmente não é efetuado. Este fato, juntamente com a entrada de novas cargas ainda não resfriadas na unidade de armazenamento, faz com que o processo de resfriamento na câmara seja muito demorado e irregular, principalmente em função da oscilação da temperatura. Segundo Thompson et al. (1998), todos os produtos frescos podem ser resfriados com ar forçado, mas esse processo é comumente mais usado para frutas frescas e flores de corte. De acordo com Warrington & Weston (1990), uma das vantagens do pré-resfriamento por ar forçado é que o processo pode realmente ser integrado na cadeia normal de manuseio pós-colheita. Dependendo do produto e da capacidade do ventilador, o método é quatro a dez vezes mais rápido que o resfriamento na câmara de armazenagem (Boyette et al., 1989).

A desvantagem do ar forçado é que o resfriamento é usualmente mais lento que os outros métodos, exceto em relação ao resfriamento na câmara, e pode causar excessiva perda de água em alguns produtos, em função, principalmente, da umidade e da velocidade do ar de resfriamento. Hardenburg et al. (1986) afirmam que a média da temperatura do produto durante o processo de pré-resfriamento segue o padrão em que a taxa de redução da temperatura está relacionada com a diferença de temperatura entre o produto e o ar de resfriamento. Há necessidade de mais pesquisas sobre a melhor utilização do pré-

resfriamento com ar forçado, para as condições brasileiras, sendo pouco realizado devido ao desconhecimento das técnicas mais adequadas ou a falta de equipamentos apropriados. Nesse sentido, objetivou-se testar o efeito da temperatura e velocidade do ar no pré-resfriamento de maçãs, cultivar Fuji.

O experimento foi conduzido no Núcleo de Pesquisa em Pós-Colheita do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (NPP/UFSM). Utilizou-se uma câmara frigorífica, onde foi montado um túnel para pré-resfriamento com ar forçado, com capacidade para comportar três caixas plásticas, cada uma contendo 22kg de frutos. O túnel constou de uma caixa de 2,25m de comprimento, 0,63m de largura e 0,35m de altura. O fluxo de ar forçado através do evaporador, foi conduzido até a entrada do túnel por um ducto de 0,40m de diâmetro e 1,0m de comprimento. Maçãs da cv. Fuji foram selecionadas e colocadas em 9 caixas plásticas. Após a classificação, as amostras foram deixadas por 12 horas em câmara regulada na temperatura de 26,6°C para homogeneização da temperatura dos frutos, a qual, no momento de serem levados ao túnel, ficou em torno de 25,0°C. As amostras dos frutos utilizadas nas determinações foram constituídas de uma caixa de frutos. O experimento foi composto de 27 amostras experimentais de 22kg, decorrentes de nove tratamentos, com três repetições, avaliando-se a combinação de três temperaturas (-1°C, -2°C ou -3°C) e três velocidades do ar refrigerante (1 m.s<sup>-1</sup>, 2 m.s<sup>-1</sup> ou 3 m.s<sup>-1</sup>). A temperatura, estabelecida para cada tratamento, foi monitorada com termômetro digital, com sensor localizado na frente da primeira caixa. A velocidade do ar de resfriamento foi regulada pela abertura do defletor fixado na entrada do túnel e monitorada por um anemômetro digital, colocado após a 3ª caixa. Foram utilizados dois termômetros digitais portáteis com cinco sensores cada, inseridos a 2cm de profundidade, os quais foram utilizados para medir a temperatura na polpa das maçãs em diferentes posições no interior das 3 caixas, bem como a temperatura do ar na entrada e saída do túnel. As temperaturas dos 10 sensores foram checadas a cada cinco minutos, até a temperatura da polpa atingir cerca de 5,0°C, quando se encerrava o tratamento.

<sup>1</sup> (Trabalho 069/2003). Recebido: 22/12/2003. Aceito para publicação: 24/10/2003.

<sup>2</sup> Eng<sup>a</sup> Agr<sup>a</sup> MSc. Prefeitura Municipal de Caçapava do Sul, E-mail: smaic@farrapo.com.br

<sup>3</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup> Departamento de Fitotecnia, NPP/UFSM, E-mail: isestari@bol.com.br

<sup>4</sup> Orientador Prof. Titular do Departamento de Fitotecnia, CCR/UFSM, E-mail: heldwein@creta.ccr.ufsm.br

<sup>5</sup> Co-orientador, Prof. Adjunto do Departamento de Fitotecnia, CCR/UFSM, 97105-900, Santa Maria-RS, E-mail: brackman@ccr.ufsm.br Autor para correspondência.

Os resultados de diminuição da temperatura das maçãs estão representados nas curvas de variação da temperatura com o tempo (Figura 1). Ressalta-se que nem sempre foi possível manter a temperatura do ar de refrigeração prevista para o tratamento no início do processo. Isso ocorreu porque enquanto era instalado o tratamento, a temperatura no interior da câmara fria aumentava devido a ventilação estar desligada, a entrada e saída de pessoas, após concluírem o tratamento. De acordo com Yun et al. (1995), o calor a ser retirado é a soma do calor liberado pelo produto, pelo ventilador, das embalagens, das pessoas e da respiração do produto. Observando-se as curvas de resfriamento verifica-se que (Figura 1) o aumento da velocidade do ar refrigerante é mais eficiente que a redução da temperatura desse ar. Portanto, o tempo de resfriamento é mais dependente da velocidade do que da temperatura do ar de entrada no túnel. Observa-se que ocorreram diferenças no tempo de resfriamento em função da velocidade do ar, a qual variou de

35 a 50 minutos para a maior velocidade ( $3\text{m.s}^{-1}$ ) e 75 a 85 minutos para a menor velocidade ( $1\text{m.s}^{-1}$ ). Esta variação de tempo ocorreu em virtude da temperatura do ar refrigerante. Isso confirma a tendência de que a maior velocidade do ar de resfriamento implica em um resfriamento dos frutos mais rápido. Não houve alteração considerável no tempo de resfriamento proporcional às temperaturas do ar utilizadas (Figura 1). O tempo aproximado de resfriamento variou de 35 a 80 minutos, para a temperatura mais baixa ( $-3^{\circ}\text{C}$ ) e de 40 a 85 minutos, para a mais alta ( $-1^{\circ}\text{C}$ ), conforme a velocidade do ar utilizada (Figura 1). Este resultado está de acordo com Thompson et al. (1998), que afirmam que o aumento no fluxo de ar reduz o tempo de resfriamento. Na temperatura de  $-1^{\circ}\text{C}$ , o resfriamento foi maior nos primeiros 5 minutos, com a velocidade de  $2\text{m.s}^{-1}$  em relação a  $3\text{m.s}^{-1}$  o que pode ser atribuído às diferentes posições das maçãs na caixa, nas quais foram colocados os sensores ou outro erro experimental.

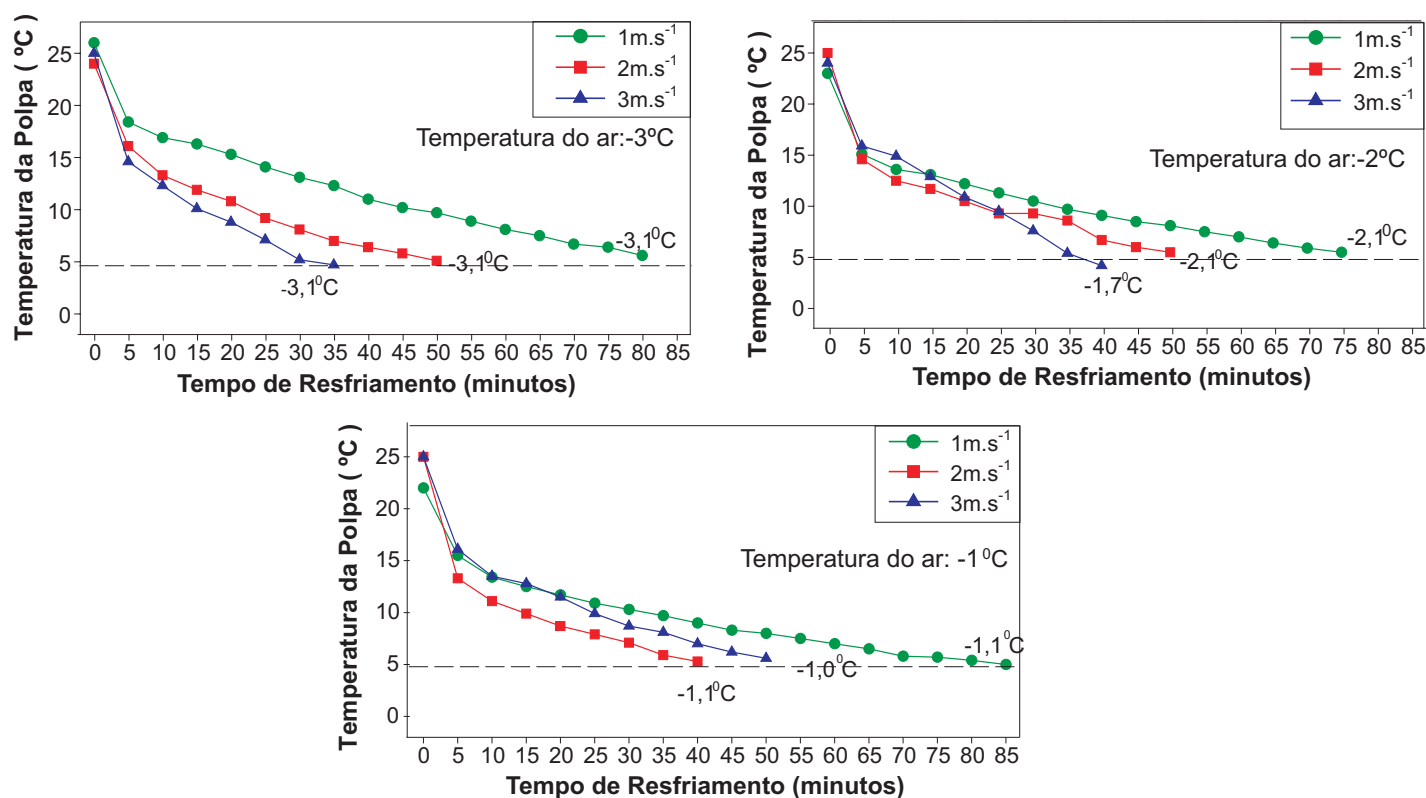


FIGURA 1 – Temperatura e tempo de resfriamento de maçã, cv Fuji, em função da velocidade e temperatura do ar no túnel de pré-resfriamento. Santa Maria, RS, 2001.

O decréscimo da temperatura dos frutos é maior e o tempo de resfriamento diminui com o aumento da velocidade do ar de  $1\text{m.s}^{-1}$  para  $3\text{m.s}^{-1}$  e a redução da temperatura do ar refrigerado de  $-1^{\circ}\text{C}$  para  $-3^{\circ}\text{C}$ . E que o decréscimo da temperatura e o tempo de resfriamento são mais dependentes da velocidade do ar de refrigerado do que da temperatura do ar na entrada do túnel pré-resfriador.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOYETTE, M. D.; WILSON, L. G.; ESTES, E. A. **Introduction to proper post-harvest cooling and handling methods** [online]. Disponível na Internet via [www. URL: http://www.2nasv.edu/eos/service/pae/www/.ion/publicat/posthaving](http://www.2nasv.edu/eos/service/pae/www/.ion/publicat/posthaving). Arquivo capturado em 19 de dezembro de 1998. The North Carolina Extension Service, NCSU-BAE. Publicação AG.414-1.1989.
- HARDENBURG, R. E.; WATADA, A. E.; WANG, C. Y. **The commercial storage of fruits, vegetables and florist nursery stocks**. Washington: USDA, 1986. 136p. (Agriculture Handbook, n.66).
- THOMPSON, J. F.; RUMSEY, T. R.; MITCHELL, F. G. **Forced-Aircooling**. In: **COMERCIAL cooling of fruits, vegetables, and flowers**. University of California. Division of agriculture and natural science, 1998. p.28-32. (Publicacion, 21567).
- WARRINGTON, I. J.; WESTON, G. C. **Kiwifruit: science and management**. Auckland: Ray Richards/ New Zealand Society for Horticultural Science, 1990. 576p.
- YUN, H. S.; CHO, Y. Y. K.; PARK, K. K. Resistance to airflow through fruits and vegetables in bulk. **Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery**, v.20, n. 4, p.333-342, 1995.