

Tratamento térmico para controle da lanosidade em pêssegos 'Dourado-2' refrigerados

Daniela Cristina Clemente Vitti⁽¹⁾, Ricardo Alfredo Kluge⁽¹⁾, Angelo Pedro Jacomino⁽²⁾ e Giuseppina Pace Pereira Lima⁽³⁾

⁽¹⁾Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq), Dep. de Ciências Biológicas, Av. Pádua Dias, nº 11, Caixa Postal 9, CEP 13418-900 Piracicaba, SP. E-mail: dccvitti@esalq.usp.br, rkluge@esalq.usp.br ⁽²⁾Esalq, Dep. de Produção Vegetal. E-mail: jacomino@esalq.usp.br ⁽³⁾Universidade Estadual Paulista, Dep. de Química e Bioquímica, Caixa Postal 145, CEP 18618-000 Botucatu, SP. E-mail: gpplima@ibb.unesp.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de tratamentos térmicos na incidência de lanosidade em pêssegos 'Dourado-2' armazenados a 0°C e na fisiologia e bioquímica dos frutos. Foram realizados condicionamentos térmicos antes da refrigeração, por meio da exposição dos frutos a 50°C por 2 horas ou a 20°C por 48 horas e do aquecimento intermitente durante o armazenamento refrigerado; os frutos foram submetidos a 25°C durante 24 horas, a cada cinco dias de armazenamento a 0°C, ou durante 48 horas, a cada dez dias de armazenamento a 0°C. Frutos continuamente armazenados a 0°C serviram de controle. Após 30 dias de armazenamento mais três dias de comercialização simulada, foram determinados os efeitos dos tratamentos sobre a incidência de lanosidade, podridões, teor de sólidos solúveis, acidez, teor de ácido ascórbico, coloração, firmeza da polpa, taxa respiratória, produção de etileno, atividade das enzimas poligalacturonase e pectinametilesterase. O aquecimento intermitente com ciclos de cinco ou dez dias e o condicionamento a 20°C durante 48 horas foram mais eficazes para reduzir a incidência de lanosidade, mas acelerou a perda de firmeza dos frutos. A produção de etileno foi maior nos frutos submetidos a aquecimento intermitente. Os tratamentos térmicos provocaram poucas alterações no teor de sólidos solúveis, acidez, ácido ascórbico, coloração e incidência de podridões.

Termos para indexação: *Prunus persica*, aquecimento intermitente, condicionamento térmico, dano por frio.

Heat treatment to alleviation of woolliness of cold stored 'Dourado-2' peach

Abstract – The work was carried out with the objective to verify the effect of heat treatments on the incidence of woolliness in 'Dourado-2' peaches stored at 0°C. Heat treatments were applied as conditioning temperature (50°C during 2 hours or 20°C during 48 hours) before cold storage. In intermittent warming, fruit treatments were warmed each five days at 25°C during 24 hours or each ten days during 48 hours. Control fruit were continuously stored at 0°C. The variables evaluated after 30 days at 0°C (plus three days at room temperature) were: incidence of woolliness and decay, soluble solids content (SSC), acidity, ascorbic acid, skin color, firmness, respiratory rate, ethylene production and activity of polygalacturonase (PG) and pectinmethylesterase (PME). The intermittent warming with cycles of five or ten days and the conditioning temperature at 20°C during 48 hours before cold storage was the most effective treatment to reduce incidence of woolliness. However, heat treatment hastened fruit softening. Ethylene production was higher in fruits intermittently warmed and this can be related to the higher activity of PG and PME and consequently to alleviation of woolliness of the fruit. Heat treatment caused little variations on SSC, acidity, ascorbic acid and skin color.

Index terms: *Prunus persica*, intermittent warming, temperature-conditioning, chilling injury.

Introdução

A refrigeração é a principal técnica para a preservação da qualidade de frutas e hortaliças após a colheita, o que reduz a velocidade dos processos metabólicos do vegetal, tais como a respiração, a transpiração e a produção de etileno (Kluge et al., 2002b)

No entanto, muitas espécies de frutas são sensíveis à baixa temperatura, portanto há um limite crítico para cada cultivar. Uma vez abaixo deste limite, e ainda, dependendo do tempo de exposição, uma série de distúrbios fisiológicos associados ao frio pode se desenvolver (Chitarra & Chitarra, 2005). Em pêssegos, os danos de frio podem se manifestar pelo escurecimento

da polpa ou aparecimento da lanosidade (Kluge et al., 1996). A lanosidade é caracterizada internamente pela falta de suculência do fruto, o que lhe confere um aspecto seco e emborrachado (Kluge et al., 2001a).

A causa da lanosidade ainda é objeto de estudos, mas há indicativos que seja decorrente de um distúrbio enzimático, que envolve a pectinametilesterase (PME) e a poligalacturonase (PG). Sob baixas temperaturas, o desbalanço na atividade dessas enzimas leva à formação de um gel que retém grande quantidade de água. Appezato-da-Glória et al. (2004) verificaram em pêssegos 'Dourado-2' que, internamente, a lanosidade é caracterizada pela separação das paredes celulares adjacentes, o que amplia os espaços intercelulares, preenchendo-os com substâncias pécticas. Essas substâncias, parcialmente degradadas e com cargas elétricas expostas, são capazes de reter uma grande quantidade de água, que torna o fruto sem suculência.

A relação entre a ação do etileno com o desenvolvimento de danos por frio tem sido estudada, mas com resultados pouco consistentes e muitas vezes contraditórios. Na maioria dos frutos, o etileno pode acelerar a gravidade de danos de frio, mas, em frutas com caroço, ele parece não ser tão prejudicial e pode até auxiliar a minimização dos danos de frio.

O condicionamento térmico em nectarinas e o aquecimento intermitente em pêssegos mantiveram a habilidade dos frutos em produzir etileno, concomitantemente com a redução da incidência da lanosidade (Fernández-Trujillo & Artes, 1997; Zhou et al., 2001a, 2001b). Por sua vez, o bloqueio da ação do etileno com 1-metilciclopropeno (1-MCP) tem gerado resultados contraditórios em frutas com caroço. Em cultivares não-sensíveis à lanosidade, o 1-MCP tem apresentado efeito benéfico, por reduzir a perda de firmeza dos frutos e aumentar a conservação (Kluge & Jacomino, 2002). Entretanto, em cultivares sensíveis, o bloqueio com 1-MCP aumenta a lanosidade (Dong et al., 2001; Girardi et al., 2005).

Atualmente, não existe um método capaz de evitar completamente a lanosidade e outras desordens associadas ao frio, porém alternativas vêm sendo testadas. Entre essas técnicas, destacam-se os tratamentos térmicos realizados na forma de condicionamento térmico e aquecimento intermitente.

O condicionamento térmico consiste em expor os frutos a temperaturas moderadas ou elevadas, por curtos períodos, antes de refrigerá-los. Este tratamento reduziu

os danos por frio em várias frutas e hortaliças (Kluge et al., 2002b; Fallik, 2004). O aquecimento intermitente consiste na interrupção da baixa temperatura de armazenamento, por um ou mais períodos de alta temperatura. Este tratamento é eficiente no controle de danos pelo frio em maçã (Alwan & Watkins, 1999), lima ácida (Kluge et al., 2003) e algumas frutas com caroço (Kluge et al., 1997).

O objetivo deste trabalho foi determinar o efeito dos tratamentos térmicos, por meio de aquecimento intermitente e condicionamento térmico, no desenvolvimento dos sintomas de lanosidade de pêssegos 'Dourado-2', quanto aos aspectos da fisiologia e bioquímica dos frutos.

Material e Métodos

Pêssegos cultivar Dourado-2 foram colhidos em Itupeva, SP, no estádio de maturação fisiológica (quebra da coloração verde de fundo) e imediatamente transportados ao laboratório de Fisiologia e Bioquímica Pós-colheita da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, em Piracicaba, SP, onde foram selecionados quanto ao tamanho e ausência de defeitos físicos e fitopatológicos.

Os frutos foram submetidos aos tratamentos: T1, frutos sem tratamento e armazenados a 0°C (controle); T2, frutos expostos a 50°C durante duas horas e armazenados a 0°C; T3, frutos expostos a 20°C durante 48 horas e armazenados a 0°C; T4, frutos armazenados a 0°C, com aquecimento a cada cinco dias a 25°C durante 24 horas; T5, frutos armazenados a 0°C, com aquecimento a cada dez dias a 25°C durante 48 horas.

O aquecimento dos frutos foi realizado em câmara com controle de temperatura e circulação de ar, e umidade relativa de 85–90%. Os frutos permaneceram em câmaras frias sob temperatura de 0°C e umidade relativa de 85–90%. Após o período de refrigeração de 30 dias, os frutos foram submetidos a uma comercialização simulada de três dias a 25°C, e avaliados.

As variáveis analisadas foram: a) teor de ácido ascórbico – determinado de acordo com metodologia da redução do indicador 2,6-diclorofenol indolfenol-sódio (DCF) pelo ácido ascórbico, por meio de titulação. Foram pesados 10 g da amostra e colocados em erlenmeyer com 50 mL de solução de ácido oxálico; b) acidez titulável – determinada pela titulação potenciométrica com NaOH 0,1N até pH 8,10 de 10 g da amostra triturada em 90 mL de água destilada; c) teor

de sólidos solúveis – determinado em refratômetro digital; d) coloração da casca – determinada com o uso da metodologia de McGuire (1992). Por meio do equipamento Minolta Chroma Meter CR-300, foram determinados os valores de ângulo de cor ($h^{\circ} = \cotg b/a$) e croma [$C^* = (a^2 + b^2)^{0,5}$]; com duas leituras por fruto, em dois pontos equidistantes na zona equatorial do fruto, avaliou-se a cor de fundo; e) firmeza de polpa – determinada com o uso de um penetrômetro manual com ponteira plana de 8 mm de diâmetro. Após a remoção de uma pequena e superficial parte da casca, foram efetuadas duas leituras por fruto, em lados opostos da região equatorial; f) incidência de podridão – medida por meio da observação da área da superfície afetada, em que foram atribuídas notas de acordo com as seguintes categorias: 1, 0%; 2, <5%; 3, 5–25%; 4, 25–50% e 5, >50% da área da superfície afetada; g) incidência de lanosidade – determinada por meio da metodologia adaptada de Ju et al. (2000), baseada na aparência e quantidade de suco extraído a partir da trituração do fruto em centrífuga doméstica. Os frutos foram divididos em cinco categorias: 1, fruto firme, com aparência de seco e nenhuma extração de suco; 2, fruto firme, com aparência de seco e alguma extração de suco; 3, fruto mole, com aparência de seco e nenhuma extração de suco; 4, fruto mole, com aparência de seco e alguma extração de suco; e 5, fruto mole, com aparência de úmido e com muita extração de suco. Esta avaliação foi realizada após 30 dias de armazenamento a 0°C e após 3 dias a 25°C; h) taxa respiratória e produção de etileno – foi utilizado o sistema fechado, em que os frutos foram colocados em frascos de vidro de aproximadamente 600 mL, cuja tampa de metal era provida de um septo de silicone. Os frutos foram incubados diariamente ou imediatamente após a saída dos tratamentos, por uma hora. Cada tratamento foi representado por seis frascos

com um fruto por frasco. Após o tempo de incubação, coletou-se uma amostra de 1 mL de gás do interior de cada frasco. As amostras foram injetadas no cromatógrafo a gás (modelo GC Trace 2000, marca Thermofinnigan), com detector de ionização de chama (FID), com uso de uma coluna Paropak N. O gás de arraste utilizado foi o hidrogênio, a um fluxo de 30 mL por minuto.

A atividade da PME foi determinada pela técnica empregada por Ratner et al. (1969). A unidade de atividade da PME foi considerada como a quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação de pectina, correspondente a 1 nmol de NaOH por minuto nas condições do ensaio. Quanto à PG, foi usada a metodologia adaptada de Jen & Robinson (1984). A determinação foi realizada conforme a técnica de Somogyi, modificada por Nelson (1944). A unidade de atividade enzimática da PG foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a formação de 1 nmol de grupos redutores por minuto nas condições do ensaio.

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com cinco tratamentos e cinco repetições de dez frutos. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância (teste F) e a comparação de médias foi realizada pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, com uso do SAS.

Resultados e Discussão

Os valores de ácido ascórbico não diferiram significativamente entre os tratamentos, variaram de 0,00293 a 0,00342 mg por 100 g de polpa (Tabela 1) e foram considerados bastante baixos, em comparação com outras frutas com boas fontes de vitamina C, e com outras cultivares de pêssego. Gil et al. (2002) verificaram variação de 3,6 ('O'Henry') a 12,6 mg ('September Sun') de ácido ascórbico por 100 g de polpa

Tabela 1. Efeito dos tratamentos térmicos sobre o teor de ácido ascórbico, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e relação SS/AT em pêssegos 'Dourado 2' armazenados durante 30 dias a 0°C e 90–95% UR, mais três dias de comercialização simulada a 25°C⁽¹⁾.

Tratamento	Ácido ascórbico (mg 100 g ⁻¹)	SS (°Brix)	AT (%)	SS/AT
Controle	0,00342a	11,52a	0,432a	26,83a
Condicionamento térmico				
50°C/2 horas	0,00332a	11,42a	0,405a	28,21a
20°C/48 horas	0,00337a	11,04a	0,380a	29,05a
Aquecimento intermitente				
25°C/24 horas, a cada cinco dias	0,00341a	10,76a	0,355a	30,34a
25°C/48 horas, a cada dez dias	0,00293a	10,72a	0,366a	29,43a
CV (%)	17,31	4,40	8,25	7,18

⁽¹⁾Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; valores iniciais: ácido ascórbico, 0,00358 mg por 100 g; SS, 10,7°Brix; AT, 0,535%; SS/AT, 20,00.

fresca, em cultivares de polpa branca e amarela da Califórnia, valores bem acima dos observados neste trabalho.

Não houve efeito significativo dos tratamentos sobre o teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e para a relação SS/AT (Tabela 1). Não existem comparações relativas aos valores dessas variáveis, mas os dados são condizentes com as características desta cultivar relatadas por Ojima et al. (1985). Houve redução da acidez durante o armazenamento, considerando-se o valor inicial de 0,53%. Esta queda na acidez (aproximadamente 20%) pode ter sido em razão do consumo de ácidos na respiração celular, pois eles também são substratos respiratórios (Kluge et al., 2002b).

Embora os tratamentos tenham diferido estatisticamente, o ângulo de cor quase não se modificou, ou aumentou muito pouco, durante o armazenamento (Tabela 2). Frutos submetidos ao aquecimento

intermitente apresentaram ângulo de cor estatisticamente inferior aos frutos dos demais tratamentos, no entanto essa variação foi pouco perceptível visualmente. O chroma mede a intensidade da cor, e conforme verificado, houve aumento na intensidade da cor durante os 30 dias de armazenamento (mais três dias de comercialização simulada), que passou de aproximadamente 33 para valores acima de 40 em todos os tratamentos.

Este aumento na intensidade de cor foi principalmente observado durante os três dias de exposição a 25°C após a refrigeração, quando a temperatura mais alta favoreceu as reações químicas relacionadas à degradação de clorofila e síntese de novos pigmentos. Houve efeito dos tratamentos nesta variável, considerando-se que os frutos que sofreram aquecimento intermitente e os que ficaram inicialmente acondicionados a 20°C por 48 horas apresentaram maior evolução da coloração (Tabela 2).

Em todos os tratamentos, houve redução drástica na firmeza de polpa, ao considerar-se o valor inicial de 56,8 N (Tabela 3). Os menores valores de firmeza foram observados em frutos submetidos ao aquecimento intermitente (5,09 e 5,31 N) e ao condicionamento térmico por 48 horas a 20°C (4,61 N). Reduções drásticas da firmeza em pêssegos submetidos ao aquecimento intermitente também foram observadas nas cultivares BR-6 (Kluge et al., 1996) e Chiripá (Girardi et al., 2005).

Este é um resultado esperado, uma vez que a exposição a temperaturas mais altas, anteriormente ou durante o armazenamento, acelera o metabolismo dos frutos e afeta todos os aspectos relacionados ao amadurecimento, como as alterações na firmeza. Entretanto, estes valores de firmeza foram considerados

Tabela 2. Efeito dos tratamentos térmicos sobre o ângulo de cor (h°) e chroma (C*) em pêssegos 'Dourado 2' armazenados durante 30 dias a 0°C e 90–95% UR, mais três dias de comercialização simulada a 25°C⁽¹⁾.

Tratamento	(h°)	(C*)
Controle	84,89a	40,21c
Condicionamento térmico		
50°C/2 horas	84,29a	41,85bc
20°C/48 horas	81,93a	43,97ab
Aquecimento intermitente		
25°C/24 horas, a cada cinco dias	76,42b	44,50a
25°C/48 horas, a cada dez dias	76,20b	43,50ab
CV (%)	2,03	2,84

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; valores iniciais: h°, 77,07; C*, 33,22.

Tabela 3. Efeito dos tratamentos térmicos sobre a firmeza de polpa, incidência de podridão e de lanosidade em pêssegos 'Dourado-2', armazenados durante 30 dias a 0°C e 90–95% UR, mais três dias de comercialização simulada a 25°C⁽¹⁾.

Tratamento	Firmeza (N) ⁽²⁾	Incidência de podridão ⁽³⁾	Lanosidade ⁽⁴⁾ (30 dias)	Lanosidade (30 dias + 3 dias)
Controle	10,41a	1,22c	2,12b	3,48b
Condicionamento térmico				
50°C/2 horas	7,60b	1,42bc	1,88b	3,48b
20°C/48 horas	4,61c	1,64b	4,31a	4,38a
Aquecimento intermitente				
25°C/24 horas, a cada cinco dias	5,09c	2,14a	4,47a	4,64a
25°C/48 horas, a cada dez dias	5,31c	1,78ab	4,65a	4,68a
CV (%)	15,51	13,41	4,32	3,99

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ⁽²⁾Firmeza inicial, 56,84 N. ⁽³⁾1, 0%; 2, <5%; 3, 5–25%; 4, 25–50%; e 5, >50% da área da superfície afetada. ⁽⁴⁾1, fruto firme, com aparência de seco e nenhuma extração de suco; 2, fruto firme, com aparência de seco e alguma extração de suco; 3, fruto mole, com aparência de seco e nenhuma extração de suco; 4, fruto mole, com aparência de seco e alguma extração de suco; e 5, fruto mole, com aparência de úmido e com muita extração de suco.

aceitáveis à comercialização (Li-Ping & Tao, 1998), desde que fossem tomados cuidados no manuseio posterior à refrigeração, de maneira a se prevenir a ocorrência de danos mecânicos entre os frutos e entre os frutos e a embalagem.

Com exceção dos frutos submetidos ao tratamento de aquecimento intermitente a 25°C/24 horas a cada cinco dias (Tabela 3), houve uma baixa incidência de podridões, após o armazenamento e comercialização simulada, tendo menos de 5% da área dos frutos afetada por fungos, sendo os mais freqüentes *Monilinia fructicola* e *Rhizopus stolonifer*.

Houve maior intensidade da lanosidade, em ambos os períodos avaliados, nos frutos do controle e nos que foram submetidos ao condicionamento térmico por duas horas a 50°C (Tabela 3). Neste caso, os valores de intensidade imediatamente após a refrigeração foram aproximadamente 2, o que significa fruto ainda firme, porém com aparência de seco e alguma extração de suco. Nestes frutos, os valores aumentaram para 3,48 após três dias de comercialização simulada, o que representou um fruto mole e com pouca extração de suco. Nesses três dias, o fruto amoleceu significativamente, mas a suculência, medida por meio da extração de suco, ficou praticamente a mesma. Por sua vez, nos frutos que sofreram aquecimento intermitente ou condicionamento térmico por 48 horas a 20°C, a intensidade da lanosidade ficou acima de 4 e, em alguns casos, próximo a 5, o que indica redução dessa desordem.

Apesar da subjetividade do método utilizado para medir a lanosidade, a quantidade de suco extraível se correlaciona bem com o desenvolvimento e o grau de lanosidade (Luchsinger & Walsh, 1998). A redução da lanosidade com a utilização do aquecimento intermitente também foi observada nas cultivares Mibaekto (Choi & Lee, 2001), Okuba (Li-Ping & Tao, 1998) e Chiripá (Girardi, 2005). Choi & Lee (2001) verificaram também que o condicionamento térmico (20°C durante 24 horas antes da refrigeração) reduziu a lanosidade.

Na análise da taxa respiratória e da liberação de etileno dos frutos, todos os tratamentos apresentaram resultados semelhantes: a taxa respiratória dos frutos manteve-se relativamente constante, enquanto refrigerados, e os frutos apresentaram picos respiratórios durante a aplicação dos tratamentos térmicos. O mesmo ocorreu com a liberação do etileno (Figura 1).

A taxa respiratória dos frutos-controle permaneceu baixa durante todo o período de armazenamento,

elevando-se drasticamente assim que foram retirados da condição refrigerada. O pico de liberação de etileno nesses frutos aconteceu dois dias depois, no 32º dia.

Foi observada elevação na taxa respiratória, logo após a retirada dos frutos do condicionamento térmico (após 2 e 48 horas), sem ocorrer, no entanto, liberação de etileno neste mesmo período. Aos 30 dias de armazenamento refrigerado, a taxa de liberação de etileno nos frutos submetidos a 20°C por 48 horas foi superior à observada nos submetidos a 50°C por 2 horas (58,4 e 1,65 $\mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, respectivamente) e atingiu valores ainda mais altos durante e após o período de comercialização simulada. A exposição dos frutos a altas temperaturas pode inibir a produção de etileno e esta inibição é mantida durante o período de exposição e parece ter efeito persistente, o que afeta a degradação da parede celular por meio de mudanças na expressão gênica e síntese de proteínas (Malakou & Nanos, 2005; Budde et al., 2006).

O aquecimento intermitente promoveu aumento na taxa respiratória e na liberação de etileno após todas as aplicações. O etileno foi observado primeiramente nos frutos aquecidos a cada cinco dias (uma semana antes dos frutos aquecidos a cada dez dias), em razão da maior freqüência de exposição dos frutos a altas temperaturas. Independentemente do tratamento de aquecimento intermitente, o etileno foi detectado imediatamente após a exposição à temperatura de 25°C.

Fernández-Trujillo et al. (2000), ao armazenar pêssegos 'Miraflores' em temperaturas de 15 e 20°C por dez dias, observaram que a taxa respiratória foi relativamente uniforme até o climatério, que apareceu no 6º dia. A 15°C os picos respiratórios e de etileno foram no mesmo dia. Foi observado aumento contínuo em ambas as atividades, após uma semana a 15°C, comparado com 20°C, o que poderia ser sintoma de desorganização dos tecidos (Bem-Aire & Guelfat-Reich, 1975). Esse efeito é comum em frutos com danos não severos pelo frio, em comparação com pêssegos afetados por lanosidade severa, cujos picos respiratórios e de etileno foram menores do que nos frutos saudáveis, o que foi observado neste trabalho em frutos mantidos a 50°C durante 2 horas. Budde et al. (2006) observaram que, nos frutos-controle, a produção de etileno começou durante as primeiras horas, a 20°C, e que não havia sido detectado etileno nos frutos mantidos a 39°C. Após 36 horas, havia uma pequena produção de etileno nos frutos aquecidos, porém bem menor do que nos frutos do controle mantidos a 20°C.

Frutos com taxa respiratória e de produção de etileno maiores foram os que apresentaram menor incidência de lanosidade. Altas temperaturas associadas a maior tempo de exposição promovem a aceleração do metabolismo do fruto, o que resulta em maior produção de etileno e desencadeia todas as alterações relacionadas a ele, até mesmo o correto balanço entre enzimas que degradam a parede celular.

Houve efeito significativo dos tratamentos aplicados sobre a atividade das enzimas poligalacturonase (PG) e pectinametilesterase (PME) (Figura 2). Após três dias de comercialização simulada, a atividade da PG foi muito baixa no tratamento-controle e praticamente igual para os demais tratamentos. Isto indica que o dano causado pelo frio promove alteração irreversível da parede celular e que os tratamentos térmicos podem restaurar a

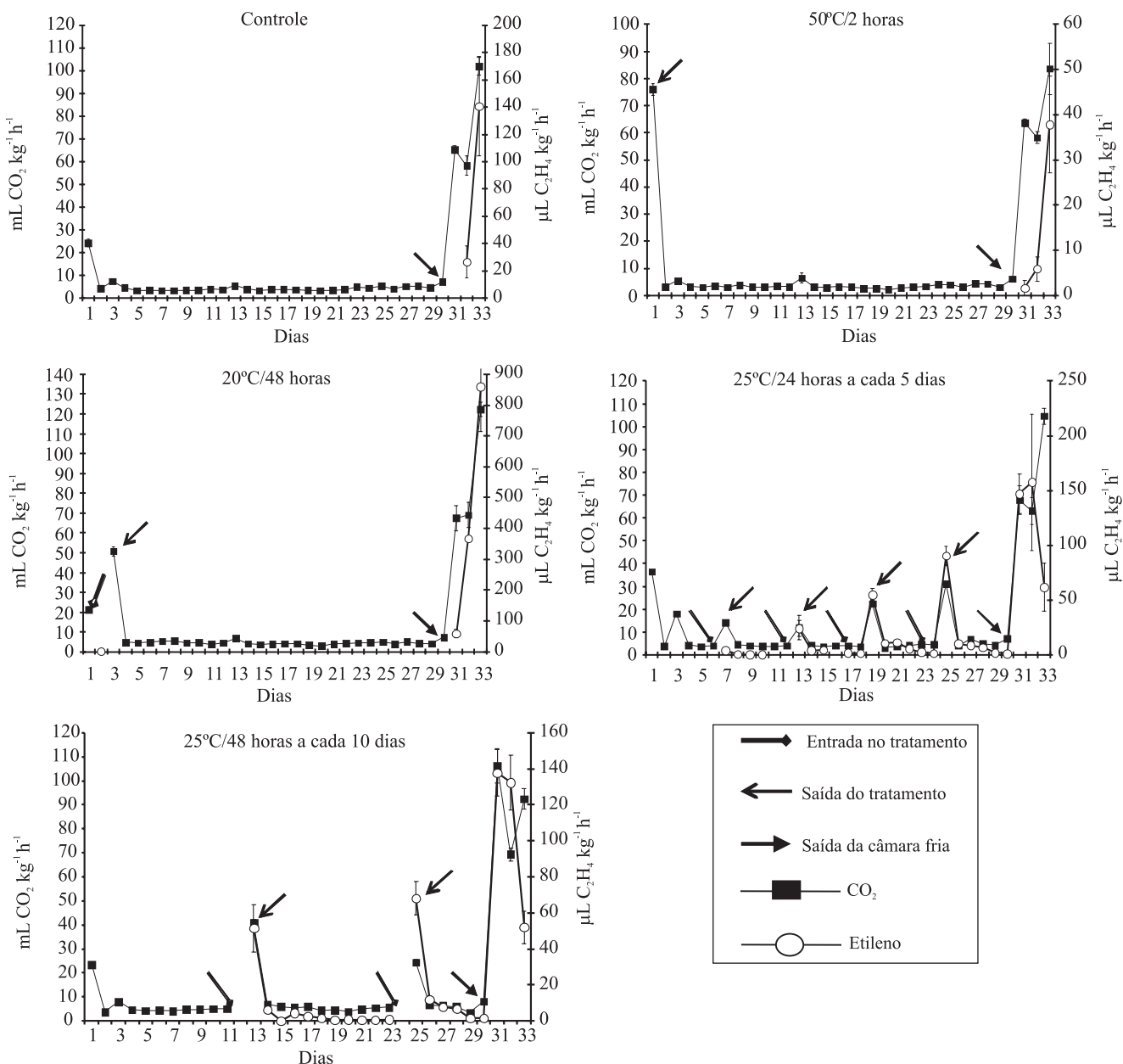


Figura 1. Atividade respiratória e taxa de liberação de etileno em pêssegos 'Dourado 2' armazenados durante 30 dias a 0°C e 90–95% UR, mais três dias de comercialização simulada a 25°C.

degradação normal da parede celular durante a exposição a maiores temperaturas, desde que aplicados antes dos sintomas tornarem-se irreversíveis.

Em relação à avaliação inicial (caracterização), a atividade da PG foi reduzida durante a refrigeração, exceto no tratamento de aquecimento intermitente com ciclos a cada cinco dias. Diante dessa circunstância, maior número de ciclos possibilitou maior atividade da enzima. A PME apresentou aumento de atividade no aquecimento intermitente e no condicionamento a 20°C e redução no controle e condicionamento a 50°C. Isso significa que há um desbalanço na atividade das duas enzimas durante o armazenamento refrigerado contínuo e que alguns tratamentos, como o condicionamento térmico em elevadas temperaturas, podem aumentar esse desbalanço. Girardi et al. (2005) também observaram esse desequilíbrio na atividade de enzimas pectinolíticas em pêssegos 'Chiripá', o que está associado com maior incidência da lanosidade.

Os tratamentos com aquecimento intermitente e o condicionamento térmico a 20°C mantiveram a atividade das enzimas pectinolíticas mais alta, e isso pode ter contribuído para redução no índice de lanosidade durante

tudo o período considerado (Figura 2 A e C). O condicionamento térmico a 50°C, por sua vez, não se mostrou eficaz no controle do dano, e isso pode estar relacionado com um desbalanço na atividade das duas enzimas (Zhou et al., 2000).

Zhou et al. (2000) verificaram, em pêssegos 'Hermoza', que a atividade da PME foi normal durante o período em que os frutos permaneceram sob refrigeração, ao passo que a atividade da PG foi decrescente, o que mostra um desbalanço na atividade das enzimas, provocando acúmulo de grandes moléculas de pectina parcialmente degradadas e gerando a lanosidade.

A atividade normal das enzimas pectinolíticas parece ser dependente da produção e ação do etileno. Dong et al. (2001) verificaram que, ao bloquear a ação do etileno com 1-metilciclopropeno (1-MCP) em nectarina 'Flavortop' armazenada a 0°C durante 30 dias, houve maior incidência de lanosidade. Neste sentido, o aquecimento intermitente, ao ativar a síntese de etileno, parece ativar novamente as enzimas e, conseqüentemente, pode reduzir significativamente a lanosidade.

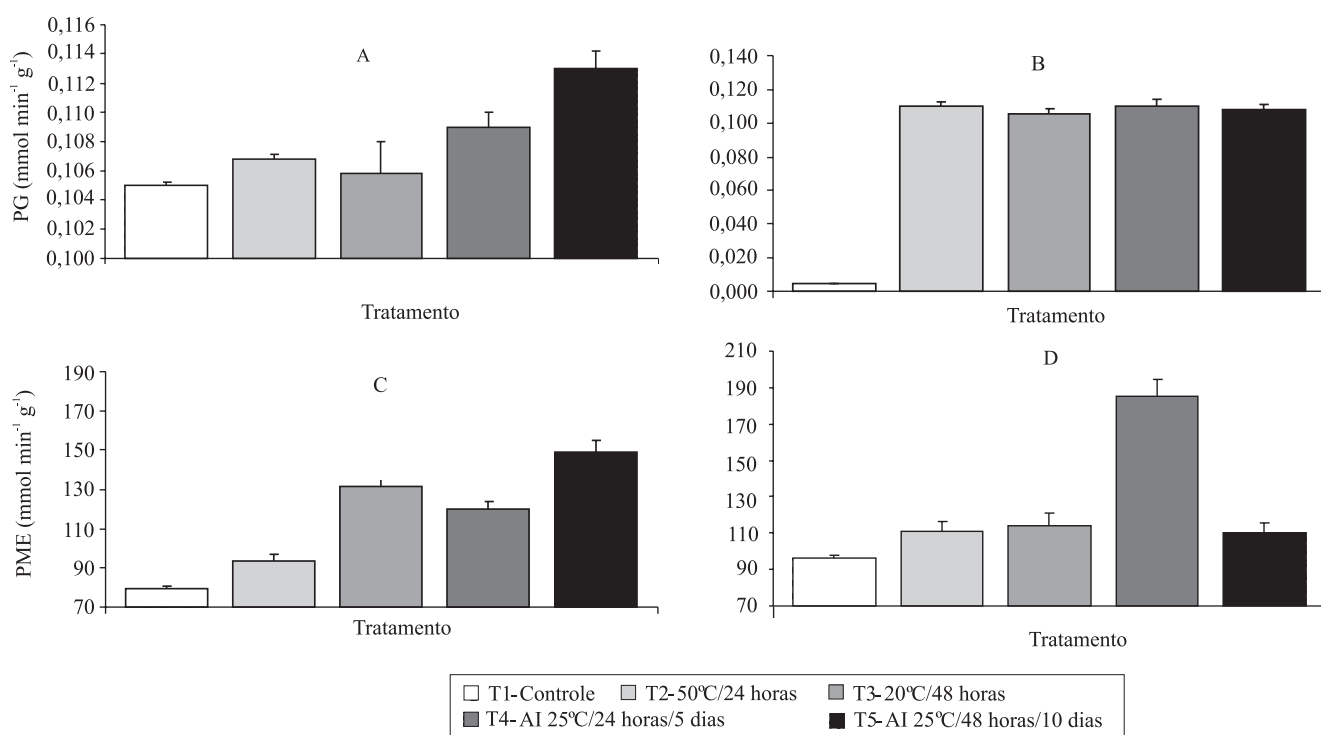


Figura 2. Efeito de diferentes tratamentos sobre a atividade da poligalacturonase (PG) e pectinametilesterase (PME) em pêssegos 'Dourado 2'. A: PG após 30 dias a 0°C; B: PG após 3 dias a 25°C; C: PME após 30 dias a 0°C; D: PME após 3 dias a 25°C. Valores iniciais: PG, 0,1080 nmol min⁻¹ g⁻¹; PME, 97,014 nmol min⁻¹ g⁻¹.

Conclusão

O aquecimento intermitente em pêssegos 'Dourado-2' com ciclos de cinco ou dez dias e o condicionamento térmico a 20°C durante 48 horas reduzem a lanosidade, sem afetar drasticamente as características físico-químicas dos frutos, com exceção da perda de firmeza.

Agradecimentos

À Fapesp, pelo financiamento da pesquisa; à Capes, pela bolsa de mestrado concedida à primeira autora; ao CNPq, pela bolsa de produtividade em pesquisa concedida ao segundo e terceiro autor.

Referências

- ALWAN, T.F.; WATKINS, C.B. Intermittent warming effects on superficial scald development of 'Cortland', 'Delicious' and 'Law Rome' apple fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v.16, p.203-212, 1999.
- APPEZZATO-DA-GLORIA, B.; BRON, I.U.; MACHADO, S.R. Lanosidade em cultivares de pêssegos (*Prunus persica* (L.) Batsch): estudos anatômicos e ultra-estruturais. **Revista Brasileira de Botânica**, v.27, p.55-61, 2004.
- BEN-AIRE, R.; GUELFAT-REICH, S. Stimulation of internal breakdown, respiration and ethylene evolution of 'Spadona' pears with benzimidazole fungicides. **Canadian Journal of Plant Science**, v.55, p.593-596, 1975.
- BUDDE, C.O.; POLENTA, G.; LUCANGELI, C.D.; MURRAY, R.E. Air and immersion heat treatments affect ethylene production and organoleptic quality of 'Dixiland' peaches. **Postharvest Biology and Technology**, v.41, p.32-37, 2006.
- CHITARRA, M.I.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2.ed. Lavras: Ufla, 2005. 785p.
- CHOI, J.H.; LEE, S.K. Effect of pre-ripening on woolliness of peach. **Acta Horticulturatae**, v.553, p.281-283, 2001.
- DONG, L.; ZHOU, H.W.; SONEGO, L.; LERS, A.; LURIE, S. Ethylene involvement in the cold storage disorder of 'Flavortop' nectarine. **Postharvest Biology and Technology**, v.23, p.105-115, 2001.
- FALLIK, E. Prestorage hot water treatments (immersion, rinsing and brushing). **Postharvest Biology and Technology**, v.32, p.125-134, 2004.
- FERNÁNDEZ-TRUJILLO, J.P.; ARTES, F. Quality improvement of peaches by intermittent warming and modified-atmosphere packaging. **Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und-Forschung A**, v.205, p.59-63, 1997.
- FERNÁNDEZ-TRUJILLO, J.P.; CANO, A.; ARTES, F. Interactions among cooling, fungicide and postharvest ripening temperature on peaches. **International Journal of Refrigeration**, v.23, p.457-465, 2000.
- GIL, M.I.; TOMÁS-BARBERÁN, F.A.; HESS-PIERCE, B.; KADER, A.A. Antioxidant capacities, phenolic compounds, carotenoids, and vitamin C contents of nectarine, peach, and plum cultivars from California. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.50, p.4976-4982, 2002.
- GIRARDI, C.L.; CORRENT, A.R.; LUCCHETTA, L.; ZANUZO, M.R.; COSTA, T.S.; BRACKMANN, A.; TWYMAN, R.M.; NORA, F.R.; NORA, L.; SILVA, J.A.; ROMBALDI, C.V. Effect of ethylene, intermittent warming and controlled atmosphere on postharvest quality and the occurrence of woolliness in peach (*Prunus persica* cv. Chiripá) during cold storage. **Postharvest Biology and Technology**, v.38, p.25-33, 2005.
- JEN, J.J.; ROBINSON, M.L.P. Pectolytic enzymes in sweet bell peppers (*Capsicum annuum* L.). **Journal of Food Science**, v.49, p.1085-1087, 1984.
- JU, Z.; DUAN, Y.; JU, Z. Leatheriness and mealiness of peaches in relation to fruit maturity and storage temperature. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v.75, p.86-91, 2000.
- KLUGE, R.A.; CANTILLANO, R.F.F.; BILHALVA, A.B. Colapso de polpa em ameixas 'Santa Rosa' armazenadas em diferentes regimes de temperatura. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.3, p.125-130, 1997.
- KLUGE, R.A.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J.C.; BILHALVA, A.B.; FACHINELLO, J.C. Aquecimento intermitente em pêssegos 'Br-6' frigoconservados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, p.543-547, 1996.
- KLUGE, R.A.; JACOMINO, A.P. Shelf life of peaches treated with 1-methylcyclopropene. **Scientia Agricola**, v.59, p.69-72, 2002.
- KLUGE, R.A.; JOMORI, M.L.L.; JACOMINO, A.P.; VITTI, M.C.D.; PADULA, M. Intermittent warming in 'Tahiti' lime treated with an ethylene inhibitor. **Postharvest Biology and Technology**, v.29, p.195-203, 2003.
- KLUGE, R.A.; NACHTIGAL, J.C.; FACHINELLO, J.C.; BILHALVA, A.B. **Fisiologia e manejo de frutas de clima temperado**. 2.ed. Campinas: Rural, 2002b. 214p.
- KLUGE, R.A.; SCARPARE FILHO, J.A.; PEIXOTO, C.P. **Distúrbios fisiológicos em frutos**. Piracicaba: Fealq, 2001a. 56p.
- LI-PING, L.; TAO, H. Storage response of 'Okuba' peaches after heat shock treatment. **Acta Horticulturae**, v.464, p.315-320, 1998.
- LUCHSINGER, L.E.; WALSH, C.S. Chilling injury of peach fruit during storage. **Acta Horticulturae**, v.464, p.473-480, 1998.
- MALAKOU, A.; NANOS, G.D. A combination of hot water treatment and modified atmosphere packaging maintains quality of advanced maturity 'Caldesi 2000' nectarines and 'Royal Glory' peaches. **Postharvest Biology and Technology**, v.38, p.106-114, 2005.
- McGUIRE, R.G. Reporting of objective colour measurements. **HortScience**, v.27, p.1254-1255, 1992.

NELSON, N.A. A photometric adaptation of Somogyi-method for determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, v.153, p.375-380, 1944.

OJIMA, M.; CAMPO DALL'ORTO, F.A.; BARBOSA, W.; TOMBOLATO, A.F.C.; RIGITANO, O.; SCARANARI, H.J.; MARTINS, F.P.; SANTOS, R.R. 'Dourado-1' e 'Dourado-2': novos cultivares de pêssego amarelo para mesa. **Bragantia**, v.44, p.451-455, 1985.

RATNER, A.; GOREN, R.; MONSELINE, S.P. Activity of pectin esterase and cellulase in the abscission zone of citrus leaf explants. **Plant Physiology**, v.44, p.1717-1723, 1969.

ZHOU, H.W.; BEN-ARIE, R.; LURIE, S. Pectin esterase, polygalacturonase and gel formation in peach pectin fractions. **Phytochemistry**, v.55, p.191-195, 2000.

ZHOU, H.W.; DONG, L.; BEN-ARIE, R.; LURIE, S. The role of ethylene in the prevention of chilling injury in nectarines. **Journal of Plant Physiology**, v.158, p.55-61, 2001a.

ZHOU, H.W.; LURIE, S.; BEN-ARIE, R.; DONG, L.; BURD, S.; WEKSLER, A.; LERS, A. Intermittent warming of peaches reduces chilling injury by enhancing ethylene production and enzymes mediated by ethylene. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v.76, p.620-628, 2001b.

Recebido em 20 de julho de 2007 e aprovado em 29 de outubro de 2007