

DANO DE FRIO EM LIMAS-ÁCIDAS TAHITI, COLHIDAS EM DIFERENTES ÉPOCAS E SUBMETIDAS A TRATAMENTOS TÉRMICOS E BIOQUÍMICOS¹

LEANDRO CAMARGO NEVES², RONALDO MORENO BENEDETTE³, VANUZA XAVIER DA SILVA³,
ROGÉRIO LOPES VIEITES⁴, SÉRGIO RUFFO ROBERTO⁵

RESUMO-O estudo objetivou o estabelecimento de um método efetivo e satisfatório do controle do dano de frio em limas-ácidas. Os frutos colhidos no município de Boa Vista-RR, 140 e 150 dias após a floração, apresentaram valores médios de 7,9 e 8,2 °Brix; 6,3 e 6,0 mL de ácido cítrico.100mL de polpa⁻¹ e pH de 2,8 e 3,0, respectivamente, nas duas colheitas. Após cada colheita, os frutos foram levados ao laboratório de Fitotecnia/UFRR, onde foram selecionados, limpos e submetidos aos tratamentos: T1 – controle; T2, T3 e T4 – condicionamento a 35°C, por 6, 12 e 24 horas, respectivamente; T5 – aquecimento intermitente a 20°C, por 8 horas, após 5 e 10 dias a 1°C; T6 – aquecimento intermitente a 20°C, por 8 horas, após 10 e 20 dias a 1°C; T7 – ethephon a 1.500 mg.L⁻¹; T8 – ethephon a 3.000 mg.L⁻¹. Os tratamentos T9 ao T16, diferenciaram-se dos tratamentos T1 a T8, apenas, na data da colheita (10 dias após a primeira). O experimento foi avaliado a cada 15 dias, durante 75 dias, a 1 ± 0,5 °C e 92 ± 5 % de UR, quanto ao dano de frio, aspecto visual, perda de massa fresca, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), SS/AT (ratio – RT), clorofila total e ácido ascórbico. O atraso na colheita não proporcionou efeito significativo algum. Todos os tratamentos, à exceção do controle e do aquecimento intermitente aos 10 e 20 dias, foram eficientes no controle do dano de frio. No entanto, o tratamento químico e o condicionamento térmico aceleraram precocemente o metabolismo dos frutos, principalmente no que concerne à perda de massa fresca e ao aspecto visual. O maior teor de clorofila total e de ácido ascórbico, bem como o melhor aspecto visual, a não-incidência de podridões e a menor perda de massa fresca foram detectadas nos frutos submetidos ao aquecimento intermitente aos 5 e 10 dias. Os SS, AT e RT estavam dentro dos padrões de qualidade e não variaram estatisticamente entre os tratamentos.

Termos para indexação: pós-colheita, *Citrus latifolia* Tanaka, qualidade, conservação.

COLD DAMAGE IN TAHITI ACID LIMES HARVESTED IN DIFFERENT PERIODS AND SUBMITTED TO TERMICAL AND BIOCHEMICAL TREATMENTS

ABSTRACT-The aim of this study was to establish an effective and satisfactory method to control chilling injuries on Tahiti lime. Thus, the fruits that were harvested in Boa Vista, RR, 140 and 150 days after flowering, showed average values of 7.9 and 8.2°Brix and 6.3 and 6.0mL of citric acid/100mL of flesh and 2.8 and 3.0 pH, respectively in two harvests. After the harvest the fruits were taken to the laboratory of Plant Production/UFRR, selected, cleaned and submitted to the following treatments: T1 - control; T2, T3 and T4 - maintained at 35°C for 6, 12 and 24 hours, respectively; T5 - intermittent warming at 20°C for 8 hours, after 5 and 10 days at 1°C; T6 - intermittent warming at 20°C for 8 hours, after 10 and 20 days at 1°C; T7 - ethephon at 1,500 mg.L⁻¹; and T8 - ethephon at 3,000 mg.L⁻¹. The treatments T9 to T16, only differed from T1 to T8, only on the harvest date (10 days after the first one). The experiment was evaluated every 15 days, during 75 days at 1 ± 0.5 °C and 92 ± 5 % of RU, regarding the chilling injury, visual aspect, lack of fresh mass, soluble solids (SS), titratable acidity (TA), SS/TA (ratio – RT), total chlorophyll and ascorbic acid. The delay of the harvest did not provide any significative effect. All treatments, except the control and intermittent warming in 10 and 20 days, were efficient to control the chilling injury. However, the chemical and thermal conditioning speeded up the metabolism of fruits, mainly concerning the lack of fresh mass and visual aspect characteristics. The higher chlorophyll and ascorbic acid content, as well the best visual aspect, no rottenness incidence and the lower lack of fresh mass were detected on fruits submitted to the intermittent warming at 5 and 10 days. The SS, AT and RT were considered compatible to the quality standard and did not vary statistically among the treatments which had shown resistance to the chilling injury.

Index Terms: post harvest, *Citrus latifolia* Tanaka, quality, conservation.

¹(Trabalho 130-07). Recebido em: 21-05-2007. Aceito para publicação em: 24-08-2007. Apoio: Roraima AgroFrutas.

²Prof.Depto de Fitotecnia da Universidade Federal de Roraima (UFRR), 69310-270, Boa Vista-RR. E-mail: rapelbtu@hotmail.com.

³Graduandos em Agronomia da Universidade Federal de Roraima (UFRR), 69310-270, Boa Vista-RR. E-mail:rmbenedette@hotmail.com; vanuzaxs@hotmail.com.

⁴Prof. do Depto de Gestão e Tecnologia Agroindustrial da Universidade Estadual de São Paulo/UNESP, 18603-970, Botucatu-SP. E-mail: vieites@fcav.unesp.br.

⁵Prof.,do Depto. De Agronomia daUniversidade Estadual de Londrina (UEL), 86051-990, Londrina-PR. E-mail:sroberto@uel.br.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a lima-ácida Tahiti (*Citrus latifolia* Tanaka) destaca-se hoje como um dos frutos cítricos de maior importância comercial, estimando-se a produção em 1 milhão de toneladas/ano, em aproximadamente 40 mil ha (Agrianual, 2004). O Estado de São Paulo é o maior produtor e exportador brasileiro, com área superior a 30 mil ha, sendo responsável por quase 70 % da produção brasileira (EMBRAPA, 2007). Exemplificando, do volume comercializado no CEAGESP em 2003, ou seja, 66.017 ton. de limas-ácidas, foram exportadas 34.012 ton., ou seja, mais de 50 % do total, o que representa rendimento na ordem de US\$ 16.500.000 (Agrianual, 2005).

No entanto, analisando *containers* com limas-ácidas Tahiti a serem exportadas por empresas baianas, para o mercado europeu, identificaram-se problemas que resultaram em perdas consideráveis, que, em determinados momentos, ultrapassaram a 20 % do total (Coelho, 2007). Assim, torna-se cada vez mais necessário investir em tecnologias para manutenção da qualidade em pós-colheita, principalmente quando os frutos forem destinados à exportação.

São várias as razões para essas perdas, como a colheita precoce ou tardia frente ao ponto ideal e, em pós-colheita, podem-se destacar os danos causados pela exposição prolongada das limas-ácidas a temperaturas abaixo de 10 °C (Kluge et al., 2003a/b; Jomori et al., 2003a/b). Esses danos, também chamados de fisiopatias, inicialmente desenvolvidos durante o frigoarmazenamento, e manifestados após a saída dos frutos da câmara frigorífica, são caracterizados por depressões superficiais na casca e aumento na incidência de doenças, além da perda excessiva de umidade e a manifestação de *flavors* não-característicos.

Segundo Chitarra & Chitarra (2005), a temperatura recomendada para o armazenamento refrigerado seguro da lima-ácida Tahiti é de 9 a 10 °C. Abaixo, é quase que inevitável o surgimento desses distúrbios fisiológicos. Com isso, é possível pressupor que frutos sensíveis a baixas temperaturas, podem ter a vida útil comprometida, visto que não podem ser frigoarmazenados em temperaturas que satisfatoriamente desaceleraram o metabolismo desses frutos. Entretanto, como citado por Kluge et al. (2006), mesmo não existindo método integralmente efetivo no controle dos sintomas desencadeados pela constante exposição dos frutos a baixas temperaturas, alguns tratamentos térmicos e químicos têm-se mostrado satisfatórios. Essas técnicas consistem na redução e/ou no retardamento do desenvolvimento dessas sintomatologias ou pelo aumento da tolerância às baixas temperaturas durante o frigoarmazenamento dos frutos (Jomori et al., 2005). Dentre essas técnicas, destacam-se os tratamentos térmicos aplicados antes da refrigeração, bem como o condicionamento térmico ou durante o período de frigoarmazenamento, na forma de aquecimento intermitente.

Assim, o condicionamento térmico tem reduzido os danos causados pelas baixas temperaturas em limas-ácidas Tahiti (Jomori, 2005), além de diminuir, também, a incidência de podridões em laranjas e pomelos (Porat et al., 1999; Rodov et al.,

2000). Nesse sentido, embora a elevação da temperatura possa causar a perda excessiva de umidade e de firmeza de polpa, o tratamento térmico também pode ser utilizado para a desinfecção microbiana. Dessa forma, se bem estabelecido o binômio tempo x temperatura, esse tratamento térmico pode aumentar a termotolerância dos frutos sem, contudo, acelerar a sua senescência. Da mesma maneira, a eficiência no controle dos danos pelo frio, com a aplicação do aquecimento intermitente, também foi verificada em pomelos e laranjas (Schirra & Cohen, 1999), e em limas-ácidas Tahiti (Kluge et al., 2006). No entanto, o envolvimento do etileno, no controle das desordens fisiológicas durante o frigoarmazenamento de limas-ácidas Tahiti, ainda não ficou bem esclarecido. Jomori (2005) relata que a adição ou supressão desse regulador em limas-ácidas Tahiti não demonstrou diferença quanto ao controle dos danos ocasionados pelo frio, quando em comparação aos frutos-controle. Já em abacates (Lee & Yong, 1984), limas-ácidas Tahiti e algumas variedades cítricas (Yuen et al., 1995), verificaram-se aumentos na incidência desses danos pelo frio nos frutos submetidos à aplicação do etileno exógeno. Entretanto, a aplicação do 1-MCP em abacaxis (Selvarajah et al., 2001), em abacates (Pesis et al., 2002) e em caquis (Salvador et al., 2004) mostrou-se efetivo na contenção dos danos de frio.

Com isso, diante da problemática a respeito dos danos causados pelo frio em limas-ácidas Tahiti e da não-consolidação de um controle conclusivamente eficiente, o presente trabalho tem por objetivo determinar um método eficiente no controle e/ou na diminuição desses danos, durante o frigoarmazenamento de limas-ácidas Tahiti.

MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos foram colhidos em propriedade agrícola situada em Boa Vista-RR, localizada na latitude 2° 50' 06" N e longitude 60° 40' 28" W. Na colheita aos 140 dias, as limas-ácidas Tahiti apresentavam coloração verde-brilhante, massa média de 87 ± 2,5g, SS médios de 7,7 °Brix, AT média de 6,3 de ácido cítrico.100mL de polpa⁻¹ e pH médio de 2,8. Na colheita aos 150 dias, as limas-ácidas Tahiti apresentavam coloração verde-brilhante, massa média de 92 ± 2g, SS médios de 7,9 °Brix, AT média de 6,0 de ácido cítrico.100mL de polpa⁻¹ e pH médio de 3,0. Após as colheitas, os frutos foram levados até o Laboratório de Fitotecnia (20 ± 2° C e 75 ± 3 % de U.R.) da UFRR, sendo então selecionados pela ausência de defeitos visuais e higienizados em solução de hipoclorito de sódio (NaOCl) a 100 mg.L⁻¹, previamente acidificada, por 10 minutos. Realizado o enxágüe e a secagem em bandejas plásticas perfuradas expostas ao ar atmosférico, os frutos foram resfriados em B.O.D. por 10 horas, a 10 ± 0,5°C.

Para a constituição dos tratamentos, as limas-ácidas Tahiti, já acondicionadas em bandejas plásticas (30 frutos/bandeja, correspondendo a 3 ± 0,060 kg), nas duas épocas de colheita, foram termicamente condicionadas em câmara do tipo B.O.D., regulada para a temperatura de 35 ± 1°C e 90 ± 3 % de U.R. (mantida através de umidificadores), por 6; 12 e 24 horas, antes

do armazenamento dos frutos a 1°C e 93 ± 2 % de U.R.. Para os tratamentos submetidos ao aquecimento intermitente, procedimento semelhante foi realizado. Entretanto, primeiramente, os frutos foram armazenados nas condições já citadas, sendo posteriormente condicionados a 20 ± 1°C e 90 ± 3 % de U.R., por 8 horas, após 5 e 10, e 10 e 20 dias de armazenamento refrigerado. Nos tratamentos submetidos ao acelerador de maturação, os frutos foram imersos em soluções contendo 1.500 e 3.000 mg.L⁻¹ de ethephon, por 10 minutos, sendo colocados para secar em condição ambiente. Dessa forma, os tratamentos ficaram assim dispostos:

T1- controle aos 140 dias da antese	T9- controle aos 150 dias da antese
T2, T3, T4 – condicion. térmico a 35 ± 1°C e 90 ± 3 % de U.R., por 6; 12 e 24 h Respectivamente.	T10, T11, T12 – condicion. térmico a 35 ± 1°C e 90 ± 3 % de U.R., p or 6; 12 e 24 h , respectivamente.
T5 – aquecimento intermitente (AI) a 20°C, por 8 horas, após 5 e 10 dias a 1°C.	T13 – aquecimento intermitente (AI) a 20°C, por 8 horas, após 5 e 10 dias a 1°C.
T6 – aquecimento intermitente (AI) a 20°C, por 8 horas, após 10 e 20 dias a 1°C.	T14 – aquecimento intermitente (AI) a 20°C, por 8 horas, após 10 e 20 dias a 1°C.
T7 – frutos tratados com a solução de ethephon a 1.500 mg.L ⁻¹ .	T15 – frutos tratados com a solução de ethephon a 1.500 mg.L ⁻¹ .
T8 – frutos tratados com a solução de ethephon a 1.500 mg.L ⁻¹ .	T16 – frutos tratados com a solução de ethephon a 1.500 mg.L ⁻¹ .

O experimento foi avaliado a cada 15 dias (6 horas após a saída dos frutos da câmara frigorífica), durante 75 dias de armazenamento a 1 ± 0,5°C e 92 ± 5 % de UR, quanto às seguintes variáveis:

1 – Danos causados pelo frio: foram determinados pela porcentagem de frutos injuriados (depressões na casca), estimando-se a severidade dessas injúrias de acordo com metodologia adaptada de Sala & Lafuente (1999), sendo assim: 0 = nenhuma depressão superficial (0 % da superfície afetada); 1 = pouco danificado (1 a 5 % da superfície afetada); 2 = dano moderado (5 a 25 %); 3 = dano severo (25 a 50 %), e 4 = dano muito severo (> 50 % da superfície afetada).

2 – Aspecto visual dos frutos: foi quantificado, envolvendo conjuntamente duas variáveis, a perda de rugosidade e o murchamento. Quanto à perda de rugosidade dos frutos, estabeleceu-se um padrão inicial e, a partir daí, quinzenalmente, dez avaliadores atribuíram valores em uma escala não-segmentada, do tipo 0 a 9, onde 9 correspondeu a totalmente rugoso e 0 correspondeu a totalmente liso. Quanto ao murchamento dos frutos, o mesmo procedimento foi adotado, onde 9 correspondeu a totalmente túrgido e 0 a totalmente flácido e seco. Para a formulação do resultado da análise do aspecto visual, considerou-se a média aritmética das três características mencionadas acima (rugosidade, murchamento e podridões), para cada dia de análise.

3 – Presença de podridões: os frutos foram submetidos a análises microbiológicas para a determinação somente do gênero do agente causal (Vanderzant & Splittstoesser, 1992), sendo posteriormente visualizadas através de fotografias de colônias.

4 – Perda de massa fresca dos frutos: foi expressa em porcentagens médias obtidas nas bandejas plásticas, considerando-se apenas a relação entre a massa fresca inicial de cada bandeja e a massa fresca obtida após cada análise. Para essa análise, 10 amostras por repetição foram usadas somente

para esse propósito, pelo fato de a análise não ser destrutiva.

5 – Teor de sólidos solúveis (SS) dos frutos: foi determinado pela leitura refratométrica direta, com o refratômetro tipo Abbe, marca ATAGO – N1, e os resultados expressos em °Brix.

6 – Nível de acidez titulável (AT) dos frutos: foi determinado por titulometria de neutralização, por titulação de 10 g de polpa, homogeneizada e diluída para 90 mL em água ultrapura, com solução padronizada de hidróxido de sódio a 1,0 N, com ponto de viragem no pH 8,2. Os resultados foram expressos em mL de ácido cítrico.100g de polpa⁻¹.

7 – Ratio: foi calculado pela divisão do teor de SS pela AT.

8 – Quantidade de clorofila total: foi determinada segundo metodologia de Manfroi et al. (1996). Assim, de cada amostra, foram retirados 10 cm² da casca da região equatorial do fruto, na forma de uma tira de 1 cm de largura e 10 cm de comprimento. As tiras foram, então, colocadas em frascos de vidro herméticos (220 mL), contendo 20 mL de solução extratora de acetona a 80 %. Os frascos foram revestidos com papel alumínio e mantidos a 4 ± 1 °C, por 72 h, quando se procedeu à leitura da absorbância da solução em um espectrofotômetro Shimadzu Modelo UV-3600-UV-VIS-NIR, nos comprimentos de onda de 645 e 663 nm. O teor de clorofila total foi obtido pela seguinte fórmula: Clorofila total: 8,0 (Absorbância a 663 nm) + 20,2 (Absorbância a 645 nm). Os resultado foram expressos em mg.(40 cm²)⁻¹.

9 – Teor de ácido ascórbico: foi determinado segundo método de Carvalho et al. (1990), que se baseia na redução do indicador 2,6 – diclorofenol indolfenol (DCFI) pelo ácido ascórbico. A técnica baseia-se no preparo de uma alíquota de 10 mL de suco colocada em erlenmeyer contendo 50 mL de solução de ácido oxálico a 1 %. A titulação foi então efetuada com DCFI até atingir a coloração rosada persistente por 15 segundos. Os resultados foram expressos em mL de ácido ascórbico.100 mL de polpa⁻¹.

Realizada uma análise exploratória dos dados, constatou-se que os mesmos seguem uma distribuição normal, os erros são independentes e apresentam homocedasticidade. Assim, os dados foram submetidos à análise de variância, pelo teste F, e a comparação de médias foi efetuada pelo teste de Tukey DMS, a 5% de probabilidade. O delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado, seguindo um esquema fatorial 2x6x3 (duas épocas de colheita, seis tratamentos térmicos e três doses de ethephon) com três repetições e 10 amostras por repetição.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de SS, os níveis de AT e os valores da relação entre ambos não apresentaram diferenciação estatística entre os tratamentos testados. No entanto, vale ressaltar que todos os valores obtidos nessas análises estavam dentro dos padrões considerados adequados à comercialização de limas-ácidas Tahiti, semelhantes, por sua vez, aos valores apresentados nos estudos de Jomori et al. (2003a/b), Kluge et al. (2003a/b) e Biase & Zanette (2000). As alterações na composição química, à exceção dos teores de ácido ascórbico e da quantidade de clorofila

total, detectadas nos frutos, indicaram que a ação do ethephon e dos tratamentos térmicos ficou restrita mais ao albedo e ao flavedo dos frutos, não havendo, portanto, a atuação mais internalizada desses tratamentos. De fato, o fruto cítrico, além dessas barreiras iniciais, apresenta a sua estrutura interna segmentada através de membranas semipermeáveis, dificultado, assim, a entrada e a saída de substâncias (Jomori et al., 2003b). No entanto, os frutos submetidos ao aquecimento intermitente, aos 5 e 10 dias, apresentaram os maiores teores de ácido ascórbico e de clorofila total (Tabela 2 e 3), bem como as menores perdas de massa fresca (Tabela 4) e o melhor aspecto visual (Figura 2).

A exemplo das análises de SS, AT e ratio, os teores de ácido ascórbico também apresentaram constantes decréscimos (Tabela 2). Contudo, isso, até certo ponto, era previsto, pois o teor de ácido ascórbico em limas-ácidas Tahiti, bem como na maioria dos frutos, pode diminuir durante a pós-colheita. O diferencial então consistiria em quanto cada fruto conseguiria mantê-lo, mesmo após os tratamentos térmicos e químicos que supostamente acelerariam a maturação das limas-ácidas Tahiti. Nesse sentido, os frutos submetidos ao aquecimento intermitente aos 5 e 10 dias de armazenamento refrigerado, mais uma vez, apresentaram os melhores resultados, denotando-se perdas de não mais do que $29 \pm 1\%$ dos teores iniciais de ácido ascórbico nos frutos. Esses resultados são considerados importantes, pois o ácido ascórbico, além das suas propriedades nutracêuticas já conhecidas, pode também atuar como agente antioxidante, contribuindo positivamente na preservação da qualidade durante o armazenamento refrigerado. Já, nos demais tratamentos, os frutos apresentaram perdas médias de $84 \pm 1,5\%$ (controle) a $52 \pm 3\%$ (condicionamento térmico por 6 horas e ethephon na concentração de 1.500 mL.L^{-1}). Essas perdas podem ter ocorrido pelo fato de que os ácidos orgânicos, dentre os quais o ascórbico, são consumidos em reações oxidativas durante a maturação e a senescência dos frutos. Jomori (2005) também descreveu em seus estudos que o aquecimento intermitente foi o tratamento que menos afetou os teores de ácido ascórbico em limas-ácidas Tahiti. No entanto, as perdas observadas foram na ordem de até 20 %, ou seja, menor que o melhor resultado encontrado no presente estudo. Situação semelhante foi observada por Schirra et al. (2005) em trabalho utilizando tratamentos térmicos, em laranjas sanguíneas. Contudo, Jomori (2005) conduziu seu experimento por apenas 45 dias, nas mesmas condições, enquanto aqui o experimento foi conduzido por 75 dias, apresentando apenas $9 \pm 1\%$ a mais nas perdas dos teores de ácido ascórbico, contudo ganhando mais 25 dias de frigoconservação, o que comercialmente é muito interessante.

Quanto à análise da quantidade de clorofila total, os frutos submetidos ao aquecimento intermitente, aos 5 e 10 dias de armazenamento refrigerado, também se apresentaram superiores aos demais tratamentos. Ao final do período experimental, todos os frutos desse tratamento ainda apresentavam coloração predominantemente verde. Assim, atribuiu-se a esses frutos um estágio menos avançado de maturação em relação aos demais. Dessa forma, essas limas-ácidas Tahiti que ainda se apresentavam verdes ao final dos 75 dias de armazenamento refrigerado, além de estarem de acordo com os padrões de comercialização (Manfroi

et al., 1996), também apresentavam maior potencial de conservação pós-colheita. Em trabalho similar, Jomori et al. (2003) também constataram o efeito do etileno, no entanto, através da sua supressão, com a exposição das limas-ácidas Tahiti ao 1-MCP, no que concerne à manutenção da coloração verde em limas-ácidas Tahiti. Goldschmidt (1997) também relatou que a degradação da clorofila é um evento metabólico que pode estar sendo regulado pela ação do etileno. Exemplificando então a ação do etileno no processo de desverdecimento em frutos cítricos, Jacomino et al. (2003), trabalhando com limões Siciliano, conseguiram desverdecer os frutos com a aplicação de $6\mu\text{L.L}^{-1}$ de Azetil, que continha apenas 5 % de etileno. Dessa forma, pelo estabelecimento de um controle entre o tempo e a temperatura do tratamento térmico, além da inibição dos danos de frio, o aquecimento intermitente aos 5 e 10 dias de armazenamento refrigerado proporcionou a melhor manutenção da clorofila total durante o período de todas as avaliações, potencializando, conseqüentemente, a comercialização futura desses frutos.

Em se tratando do dano de frio (Figura 1), o aquecimento intermitente aos 5 e 10 dias, o condicionamento térmico, em todos os tempos testados, bem como o tratamento com o ethephon, em ambas as concentrações, mostraram-se eficientes no controle dessas fisiopatias. Entretanto, à exceção do aquecimento intermitente aos 5 e 10 dias, os demais tratamentos, apesar do controle adequado dos danos fisiológicos, apresentaram perdas excessivas de massa fresca além do comprometimento visual dos frutos, presumindo-se, para esses tratamentos, qualidade inferior e substancialmente menor potencial de conservação. Esse comportamento pode ser devido à maior intensidade das reações oxidativas, mesmo havendo a contenção dos danos pelo frio, ocasionando a não-preservação da qualidade e da integridade física desses frutos. Da mesma forma, os frutos submetidos ao aquecimento intermitente aos 10 e 20 dias, justamente pelo atraso na aplicação do calor, resultaram numa tentativa frustrada no controle do dano de frio, além de, conseqüentemente, acelerar o metabolismo desses frutos. A aceleração metabólica, por sua vez, bem como a aplicação exógena de etileno ainda não foram contextualmente esclarecidas quanto à contenção dos danos de frio em frutos cítricos. Nesse sentido, Jomori (2005) menciona que, mesmo a aplicação exógena tendo demonstrado aumento da incidência do dano de frio em seu trabalho, outros autores mencionam que o mínimo deste regulador é extremamente necessário para o controle desses distúrbios fisiológicos, pois a presença mínima do etileno pode manter a atividade constante das enzimas antioxidativas. Contudo, no presente trabalho, o etileno exógeno, bem como os tratamentos térmicos, que possivelmente também tenham desencadeado a produção endógena de etileno (não quantificado), foram eficientes no controle dos danos de frio na limas-ácidas Tahiti.

Quanto à perda de massa fresca (Tabela 4), os frutos submetidos ao aquecimento intermitente, aos 5 e 10 dias, apresentaram perdas médias não-superiores a 5,32 % em relação a sua massa inicial. Ao passo que os demais tratamentos apresentaram perdas médias variando de 12; 34 a 20,11 %. Isso, seguramente, pode desqualificá-los perante o mercado consumidor, que preferem frutos completamente verdes, rugosos

e túrgidos.

No aspecto visual dos frutos (Figura 2), que engloba duas das principais variáveis qualitativas dessa espécie, a rugosidade da epiderme e o nível de murchamento e/ou turgidez também puderam constatar que os frutos tratados termicamente pelo aquecimento intermitente, aos 5 e 10 dias, apresentaram os melhores índices. Nos outros tratamentos, em especial os frutos tratados termicamente por mais de 6 horas, e aqueles submetidos ao ethephon na concentração de 3.000 mg.L⁻¹, apresentaram, elevada perda de massa fresca, o que, por sua vez, denota a esses frutos a característica de murchos e flácidos, com pouca ou quase nenhuma rugosidade. Nesse sentido, esses frutos passariam a impressão ao consumidor de velhos e passados, sendo, portanto, preteridos. Além disso, somente para o entendimento e caracterização da sintomatologia apresentada

nos frutos contaminados, apenas nos frutos- controle e nos tratamentos submetidos ao ethephon, em ambas as concentrações, detectou-se a presença de *Penicillium digitatum*. Nos demais tratamentos, não foi detectada a presença de agentes microbianos. Tais circunstâncias, segundo os próprios autores, podem ser advindas da rápida aceleração metabólica nestes frutos e, supostamente, a potencialização de focos de contaminação já preexistentes. Nesse sentido, os autores mencionam que os tratamentos térmicos tenham sido suficientes para, além do controle dos danos de frio, a desinfecção satisfatória frente a possíveis contaminantes nos demais tratamentos. Para tanto, Jomori (2005) menciona que os tratamentos térmicos, embora possam, eventualmente, promover algum estresse oxidativo, podem, sobretudo, ser utilizados como tratamentos desinfetantes em frutos.

TABELA 1- Sólidos solúveis (SS), expresso em °Brix; acidez titulável (AT, expressa em mL de ácido cítrico.100 mL de polpa⁻¹; e ratio, expresso através da relação SS/AT, em limas-ácidas Tahiti produzidas no Estado de Roraima, após 75 dias de frigoarmazenamento a 1 ± 0,5 °C e 92 ± 3% de U.R., Boa Vista-RR – 2006.

Tratamentos	Sólidos solúveis (°Brix)	Acidez titulável (mL de ácido cítrico.100 mL de polpa ⁻¹)	Ratio
Controle – 140 dias	7,3 Aa	5,53 Aa	1,320 Aa
Cond. térmico 6 horas	7,3 Aa	5,54 Aa	1,318 Aa
Cond. térmico 12 horas	7,3 Aa	5,56 Aa	1,313 Aa
Cond. térmico 24 horas	7,2 Aa	5,55 Aa	1,297 Aa
Aquecimento interm. 5/10 dias	7,5 Aa	5,59 Aa	1,342 Aa
Aquecimento interm. 10/20 dias	7,2 Aa	5,53 Aa	1,302 Aa
Ethephon 1.500 mg.L⁻¹	7,3 Aa	5,54 Aa	1,318 Aa
Ethephon 3.000 mg.L⁻¹	7,2 Aa	5,53 Aa	1,302 Aa
Controle – 150 dias	7,5 Aa	5,16 Aa	1,453 Aa
Cond. térmico 6 horas	7,6 Aa	5,20 Aa	1,462 Aa
Cond. térmico 12 horas	7,6 Aa	5,20 Aa	1,462 Aa
Cond. térmico 24 horas	7,6 Aa	5,19 Aa	1,464 Aa
Aquecimento interm. 5/10 dias	7,7 Aa	5,22 Aa	1,475 Aa
Aquecimento interm. 10/20 dias	7,5 Aa	5,18 Aa	1,448 Aa
Ethephon 1.500 mg.L⁻¹	7,6 Aa	5,16 Aa	1,473 Aa
Ethephon 3.000 mg.L⁻¹	7,6 Aa	5,17 Aa	1,470 Aa

As médias seguidas das mesmas letras minúscula (linha) e maiúscula (coluna) não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Para as tabelas a seguir, estabelecem-se os seguintes tratamentos: **T1** – controle aos 140 dias da antese; **T2, T3, T4** – condicionamento térmico a 35 ± 1°C e 90 ± 3 % de U.R., por 6, 12 e 24 h, respectivamente; **T5** – aquecimento intermitente (AI) a 20°C, por 8 horas, após 5 e 10 dias a 1°C; **T6** – aquecimento intermitente (AI) a 20°C, por 8 horas, após 10 e 20 dias a 1°C; **T7** – frutos tratados com a solução de ethephon a 1.500 mg.L⁻¹; **T8** – frutos tratados com a solução de ethephon a 1.500 mg.L⁻¹; **T9** – controle 150 dias da antese; **T10, T11, T12** – condicionamento térmico a 35 ± 1°C e 90 ± 3 % de U.R., por 6, 12 e 24 h, respectivamente; **T13** – aquecimento intermitente (AI) a 20°C, por 8 horas, após 5 e 10 dias a 1°C; **T14** – aquecimento intermitente (AI) a 20°C, por 8 horas, após 10 e 20 dias a 1°C; **T15** – frutos tratados com a solução de ethephon a 1.500 mg.L⁻¹; **T16** – frutos tratados com a solução de ethephon a 1.500 mg.L⁻¹.

TABELA 2 - Teor de ácido ascórbico (mg de ácido ascórbico.100g de polpa⁻¹), em limas-ácidas produzidas no Estado de Roraima, frigoarmazenadas por 75 dias a $1 \pm 0,5$ °C e $92 \pm 3\%$ de U.R., Boa Vista-RR – 2006.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
15	32,45Ac	34,70Ab	34,25Ab	34,80Ab	36,80Aa	31,30Ac	35,02Ab	34,94Ab
30	26,54Ac	31,14Aa	29,18Ab	28,14Ab	33,65Aa	23,49Bd	31,88Aa	29,19Ab
45	17,66Cc	26,94Cb	22,20Bb	20,93Bc	31,49Ba	15,30Cd	26,22Cb	21,40Bc
60	10,12Dd	19,14Db	16,33Cc	15,77Cc	29,28Ba	8,42Dd	19,90Db	16,69Cc
75	5,10Dd	15,23Db	9,03Dc	8,73Dc	27,44Ca	5,30Dd	15,33Db	10,47Cc
	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
15	31,47Ac	35,20Ab	34,88Ab	34,73Ab	36,75Aa	32,01Ac	34,70Ab	33,37Abc
30	22,20Bd	33,10Aa	30,03Ab	28,30Ab	34,43Aa	24,04Bd	32,03Aa	29,05Ab
45	15,43Cd	28,90Ba	23,54Bb	21,03Bc	31,90Ba	16,50Cd	26,42Cb	20,33Bc
60	9,03Dd	22,36Cb	17,18Cc	15,13Cc	28,71Ba	10,07Dd	20,29Db	14,52Cc
75	5,02Dd	16,90Db	10,66Dc	8,60Dc	26,30Ca	5,77Dd	16,40Db	9,29Cc

As médias seguidas das mesmas letras minúscula (linha) e maiúscula (coluna) não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 3 - Teor de clorofila, expresso em mg.10cm⁻², em limas-ácidas produzidas no Estado de Roraima, frigoarmazenadas por 75 dias a $1 \pm 0,5$ °C e $92 \pm 3\%$ de U.R., Boa Vista-RR – 2006.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
15	16,44Ab	20,03Aa	17,03Ab	16,84Ab	22,13Aa	16,04Ab	20,20Aa	17,71Ab
30	13,20Bb	18,44Aa	14,23Ab	14,05Ab	21,20Aa	13,40Ab	17,45Aa	14,11Bb
45	11,30Cc	16,91Ab	11,41Bc	10,45Bc	19,93Ba	10,80Bc	15,54Bb	11,05Cc
60	8,68Cc	13,90Bb	8,45Bc	8,08Bc	18,33Ba	8,33Cc	12,90Cb	9,12Cc
75	6,01Dc	10,80Cb	5,31Cc	4,80Cc	17,32Ba	5,02Dc	7,80Dbc	4,55Dc
	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
15	17,34Ab	19,40Aa	18,12Ab	16,65Ab	22,90Aa	16,77Ab	19,55Aa	18,00Ab
30	12,78Bb	17,12Aa	13,32Ab	13,10Ab	20,31Aa	12,49Bb	16,30Ba	13,30Bb
45	9,90Cc	14,32Bb	9,60Bc	9,23Bc	19,10Ba	9,02Cc	15,02Bb	10,10Cc
60	7,54Dc	12,20Bb	8,02Bc	8,12Bc	17,42Ba	7,90Cc	11,80Cb	8,84Cc
75	5,64Dc	10,85Cb	5,43Cc	4,99Cc	16,99Ba	5,23Dc	7,44Dbc	4,45Dc

As médias seguidas das mesmas letras minúscula (linha) e maiúscula (coluna) não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 4 - Perda de massa fresca, expressa em porcentagens médias, em limas-ácidas produzidas no Estado de Roraima, frigoarmazenadas por 75 dias a $1 \pm 0,5$ °C e $92 \pm 3\%$ de U.R., Boa Vista-RR – 2006.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
15	4,12Dab	3,79Cb	4,22Dab	5,03Da	1,90Bc	4,71Cab	3,96Cb	5,23Ca
30	7,70Ca	5,77Ca	7,50Ca	8,07Ca	2,75Cb	6,44Ca	5,73Ca	7,21Ca
45	9,83Ca	8,41Ba	9,91Ca	9,37Ca	3,52Bb	10,21Ba	9,02Ba	9,14Ba
60	13,75Ba	9,23Ab	13,81Ba	13,98Ba	4,88Ac	13,85Aa	11,03Aab	12,12Ba
75	18,30Aa	12,34Ab	18,44Aa	19,12Aa	5,04Ac	17,88Aa	13,01Ab	16,99Aa
	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
15	5,51Ea	3,87Cb	4,82Da	4,92Da	2,02Cc	3,47Cb	3,65Cb	4,57Dab
30	7,20Da	5,62Ca	7,88Ca	7,42Ca	2,55Cb	6,68Ca	6,00Ca	7,91Ca
45	10,33Ca	8,22Ba	10,02Ba	10,44Ca	3,98Bb	9,10Ba	8,61Ba	10,04Ba
60	15,32Ba	9,91Ab	14,73Aa	16,05Ba	4,95Ac	13,92Aa	10,87Aab	14,18Ba
75	19,98Aa	12,99Ab	18,34Aa	20,10Aa	5,32Ac	17,90Aa	13,14Ab	20,11Aa

As médias seguidas das mesmas letras minúscula (linha) e maiúscula (coluna) não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 5 - Danos de frio, expresso através de escala subjetiva de valores, em limas-ácidas Tahiti produzidas no Estado de Roraima, frigoarmazenadas por 75 dias a $1 \pm 0,5$ °C e $92 \pm 3\%$ de U.R., Boa Vista-RR – 2006.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
15	1,2 Ba	0 Ab	0 Ab	0 Ab	0 Ab	1,3 Ba	0 Ab	0 Ab
30	1,8 Ba	0 Ab	0 Ab	0 Ab	0 Ab	2,4 Ba	0 Ab	0 Ab
45	2,4 Ba	0 Ab	0 Ab	0 Ab	0 Ab	3 Aa	0 Ab	0 Ab
60	2,9 Aa	0 Ab	0 Ab	0 Ab	0 Ab	3,2 Aa	0 Ab	0 Ab
75	3,2 Aa	0 Ab	0 Ab	0 Ab	0 Ab	4 Aa	0 Ab	0 Ab
	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
15	1,5 Ba	0 Ab	0 Ab	0 Ab	0 Ab	2,5 Ba	0 Ab	0 Ab
30	2,5 Ba	0 Ab	0 Ab	0 Ab	0 Ab	3,2 Aa	0 Ab	0 Ab
45	3,2 Aa	0 Ab	0 Ab	0 Ab	0 Ab	4 Aa	0 Ab	0 Ab
60	4 Aa	0 Ab	0 Ab	0 Ab	0 Ab	4 Aa	0 Ab	0 Ab
75	4 Aa	0 Ab	0 Ab	0 Ab	0 Ab	4 Aa	0 Ab	0 Ab

As médias seguidas das mesmas letras minúscula (linha) e maiúscula (coluna) não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

TABELA 6 - Aspecto visual, expresso através da média dos valores obtidos em 3 escalas não-paramétricas (rugosidade, murchamento e podridões na casca dos frutos), em limas-ácidas Tahiti produzidas no Estado de Roraima, frigoarmazenadas por 75 dias a $1 \pm 0,5$ °C e $92 \pm 3\%$ de U.R., Boa Vista-RR – 2006.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
15	7,8 Ab	9,2 Aa	9,3 Aa	7,8 Ab	9,6 Aa	7,6 Ab	9,3 Aa	9,2 Aa
30	7,3 Ab	8,1 Aab	7,7 Ab	6,4 Bc	9 Aa	6,4 Bc	7,9 Bab	7,5 Bb
45	6,5 Bb	7,3 Ab	6 Bb	5,1 Cc	8,7 Aa	4,3 Cc	6,4 BCb	6,7 Bb
60	4,8 Cc	6,1 Bb	5,5 Bbc	4,2 Cc	7,8 Ba	3 Dd	5,4 Cbc	5,4 BCbc
75	3,4 Cc	3,5 Cc	3,5 Cc	2,5 CDd	7,2 Ba	2 Dd	5,1 Cb	3,5 Cc
	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16
15	7,2 Ab	9,5 Aa	9,4 Aa	7 Ab	9,5 Aa	8 Ab	9 Aa	9,3 Aa
30	6,4 Bc	7,4 Ab	6,8 Bc	5,5 BCD	9,2 Aa	6,5 Bc	7,8 Bab	7,6 Bb
45	6,2 Bb	6,6 Bb	5,2 Bc	4,8 Cc	9 Aa	4,5 Cc	7 BCb	6,4 Bb
60	3,5 Cd	5,4 Bbc	3,9 Ccd	2,7 CDd	8,3 Ba	3,3 CDd	5,5 Cc	5,3 BCbc
75	1,8 Dd	3,5 Cc	1,9 Dd	1,9 Dd	7,3 Ba	2 Dd	4,8 Cb	3,4 Cc

As médias seguidas das mesmas letras minúscula (linha) e maiúscula (coluna) não diferem entre si, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

CONCLUSÃO

O aquecimento intermitente a 20 °C, aplicado aos 5 e 10 dias em limas-ácidas Tahiti, durante o armazenamento refrigerado a $1 \pm 0,5$ °C e 92 ± 5 % de UR., permite o controle satisfatório dos danos de frio, bem como a manutenção dos atributos químicos e físicos dos frutos, durante 75 dias nessas condições.

REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL 2005: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2004. p.306-311.
- AGRIANUAL 2006: anuário estatístico da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2005. 506 p.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-Colheita de frutas e hortaliças fisiologia e manejo**. 2. ed. rev. ampl. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.
- COELHO, Y., LORDÊLO, C.; CALDAS, R. **Cuidados com a lima ácida 'Tahiti' da Bahia para valorizar o comércio com a Europa**.

- Disponível: <<http://www.nordeste rural.com.br/>>. Acesso em: 06 abr 2007.
- EMBRAPA. Sistema de produção para pequenos produtores de citros do nordeste. Campinas, SP: Embrapa Informática Agropecuária. Disponível em: <<http://www.cnptia.embrapa.br/>>. Acesso em: 03 mar. 2007.
- GOLDSCHMIDT, E.E. Ripening of citrus and other non-climateric fruits: a role for ethylene. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.463, p.325-334, 1997.
- JACOMINO, A.P.; MENDONCA, K.; KLUGE, R.A. Armazenamento refrigerado de limões 'Siciliano' tratados com etileno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.45-48, 2003.
- JOMORI, M.L.L **Resistência de lima-ácida Tahiti à baixa temperatura**: tratamentos térmicos e envolvimento do etileno. 2005. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade Estadual Paulista, Piracicaba. 2005
- JOMORI, M.L.L.; KLUGE, R. A.; JACOMINO, A.P. Cold storage of 'Tahiti' lime treated with 1-methylcyclopropene. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 4, p. 785-788, 2003a.
- JOMORI, M.L.L.; KLUGE, R. A.; JACOMINO, A.P.; TAVARES, S. Conservação refrigerada de lima ácida 'Tahiti': uso de 1-metilciclopropeno, ácido giberélico e cera. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 406-409, 2003b.
- 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**, Wageningen, v. 29, n. 2, p. 195-203, 2003a.
- KLUGE, R.A.; AZEVEDO, R.A. de; JOMORI, M.L.L.; EDAGI, F.K.; JACOMINO, A.P.; GAZIOLA, S.A.; AGUILA, J.S.D. Efeitos de tratamentos térmicos aplicados sobre frutas cítricas armazenadas sob refrigeração. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 5, p. 1388-1396, 2006.
- KLUGE, R.A.; JOMORI, M.L.L.; JACOMINO, A.P.; VITTI, M.C.D. Intermittent warming in 'Tahiti' lime to prevent chilling injury in cold storage. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 4, p. 729-734, 2003b.
- LEE, S.K.; YOUNG, R.E. Temperature sensitivity of avocado fruit in relation to C₂H₄ treatment. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.5, n.109, p. 689-692. 1984
- MANFROI, V.; LUCCHESI, O.A.; CARVALHO, R.I.N.; FIOVARANÇO, J.C.; BENDER, R.J. Efeito do 2,4-D na frigoconservação de limão Tahiti (*Citrus latifolia* Tanaka). **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 14, n. 1, p. 77-88, 1996.
- PESIS, E.; ACKERMAN, M.; BEN-ARIE, R.; FEYGENBERG, O.; FENG, X.; APELBAUM, A.; GOREN, R. & PRUSKY, D. Ethylene involvement in chilling injury symptoms of avocado during cold storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, n.24, p.171-181, 2002
- PORAT, R.; WEISS, B.; COHEN, L.; DAUS, A.; GOREN, R.; DROBY, S. Effects of ethylene and 1-methylcyclopropene on the postharvest qualities of "Shamouti" oranges. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.15, n.2, p.155-163, 1999.
- RODOV, V.; AGAR, T.; PERETZ, J.; NAFUSSI, B.; KIM, J.J.; BEN-YEHOSHUA, S. Effect of combined application of heat treatments and plastic packaging on keeping quality of "Oroblanco" fruit (*Citrus grandis* L. x *C. paradisi* Macf.). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.20, p.287-294, 2000.
- SALA, J.M.; LAFUENTE, M.T. Catalase in the heat-induced chilling tolerance of cold-stored hybrid Fortune mandarin fruits. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v.47, p.2410-2414, 1999.
- SALVADOR, A.; ARNAL, L.; MONTERDE, A.; CUQUERELLA, J. Reduction of chilling injury symptoms in persimmon fruit cv. 'Rojo Brillante' by 1-MCP. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.33, p.285-291, 2004.
- SCHIRRA, M., MULAS, M., FADDA, A., MIGNANA, I.; LURIE, S. Chemical and quality traits of 'Olinda' and 'Campbell' oranges after heat treatment at 44 or 46°C for fruit fly disinfestations. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, Zurich, n.38, p.519-522. 2005.
- SCHIRRA, M.; COHEN, E. Long-term storage of "Olinda" oranges under chilling and intermittent warming temperatures. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.16, p.63-69, 1999.
- SELVARAJAH, S.; BAUCHOT, A.D.; JOHN, P. Internal browning in cold-stored pineapples is suppressed by a postharvest application of 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.23, n.2, p.167-170, 2001.
- VANDERZANT, C.; SPLITTSTOESSER, D.F. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. Washington: American Public Health Association, 1992. 600p.
- YUEN, C.M.C.; TRIDJAJA N.O.; WILLS R.B.H.; WILD B. L. Chilling injury development of 'Tahitian' lime, 'Emperor' mandarin, 'Marsh' grapefruit and 'Valencia' orange. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.67, n.3, p.335-339, 1995.