











Uso do ácido 2-cloroetilfosfônico no desverdecimento pós-colheita de laranjas Salustiana e Lima Sorocaba

Mariana Magalhães Caetano^{1*} , Joseane Turquete Ferreira² , Rafael Vargas de Freitas³ ,
Ralph Bonandi Barreiros⁴ , Robson Ribeiro Alves⁵ , Luan Salgado Leopoldino¹ ,
Daiane Policarpo Rodrigues³ , Beatriz Fernandes de Seia Gonçalves¹ ,
Sabrina Raquel Griebeler⁶  & Mateus Pereira Gonzatto¹ 

RESUMO

Em regiões tropicais, os frutos cítricos mesmo quando maduros internamente, podem apresentar o epicarpo verde, o que os tornam menos atrativos para o consumo. Como forma de acessar mercados mais exigentes, faz-se necessária a melhoria da atratividade externa dos frutos por meio do desverdecimento. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o uso de diferentes concentrações e tempos de imersão em ácido 2-cloroetilfosfônico (ethephon) sobre o desverdecimento das laranjas Salustiana e Lima Sorocaba (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). Os tratamentos foram aplicados através da imersão dos frutos em solução contendo ethephon. Logo em seguida, eles foram armazenados sob temperatura e umidade relativa do ar constantes, em câmaras. As avaliações foram feitas pela cor da epiderme e a perda de massa dos frutos. Os frutos da Salustiana foram avaliados aos três, seis e 12 dias de armazenamento e os da Lima Sorocaba aos cinco, nove e 13 dias. A concentração de 0,5 g L⁻¹ de ethephon foi suficiente para causar o desverdecimento dos frutos das duas cultivares. Para a laranja Salustiana, aos seis dias após a aplicação foi possível observar incremento de cor desejável e para a laranja Lima Sorocaba o mesmo ocorreu aos sete dias. O tempo de imersão de três minutos foi o que apresentou melhor efeito de desverdecimento. Com estes tratamentos, foi possível melhorar a qualidade visual dos frutos. Portanto, houve agregação de valor ao produto, o que permite impulsionar as vendas no mercado.

Termos de indexação: *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, qualidade de frutos, cor dos frutos, ethephon.

Use of 2-chloroethylphosphonic acid in postharvest degreening of Salustiana and Lima Sorocaba oranges

SUMMARY

Citrus fruits in tropical regions, even when ripe internally, may present a green epicarp, which makes them less attractive for consumption. To access more demanding markets, it is necessary to

¹ Departamento de Agronomia, Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa, MG, Brasil

² Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa, MG, Brasil

³ Departamento de Agronomia, Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa, MG, Brasil

⁴ Programa de pós-graduação em Fitotecnia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ, Universidade de São Paulo – USP, Piracicaba, SP, Brasil

⁵ Laboratório de Análise de Frutas, Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa, MG, Brasil

⁶ Programa de pós-graduação em Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil

***Autor correspondente:** Mariana Magalhães Caetano, Departamento de Agronomia, Universidade Federal de Viçosa – UFV, Rua Doutor Brito, 101/302, Centro, 36570013, Viçosa, MG, Brasil. E-mail: mariana.m.caaetano@gmail.com



improve the external quality of the fruit by degreening. The objective of the present work was to evaluate the use of different concentrations and immersion times of phosphonic acid (2-chloroethyl) on degreening of Salustiana and Lima Sorocaba oranges (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). The treatments were applied by immersion of the fruits in a solution containing ethephon. Afterwards, it was stored in uniform conditions of temperature and relative humidity. Evaluations were made by peel color and fruit mass loss. The Salustiana fruits were evaluated at three, six and 12 days of storage and those of Lima Sorocaba at five, nine and 13 days of storage. Ethephon concentration at 0.5 g L⁻¹ was adequate for degreening both cultivars. The improvement of peel color to Salustiana and Lima Sorocaba oranges was obtained after six and seven days of ethephon treatments, respectively. Immersion time of 3 minutes presented the best degreening effect. With these treatments, it was possible to improve the visual quality of the fruits. Therefore, there was added value to the product, which allows boosting sales in the market.

Index terms: *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, fruit quality, fruit color, ethephon.

INTRODUÇÃO

Os consumidores de frutas cítricas consideram específicos atributos que influenciam na sua seleção, como tamanho, sabor e facilidade de descascar (Zhang & Zhou, 2019). A coloração do epicarpo, é que detém grande destaque, por ser associado diretamente a qualidade dos frutos. Em trabalho realizado por Pacheco et al. (2014) com frutos híbridos entre tangoreiro Murcott (*Citrus reticulata* Blanco x *Citrus sinensis* L. Osbeck) e laranja Pera (*Citrus sinensis* L. Osbeck), a coloração da epiderme foi o principal atributo utilizado pelos consumidores na seleção dos frutos durante a compra. A maioria dos consumidores associam a qualidade dos frutos com a coloração amarelada ou alaranjada da casca, por isso, frutos verdes se tornam menos atrativos no mercado (Campbell et al., 2004). Apesar de fazerem parte do mesmo órgão, o epicarpo e o endocarpo comportam-se de maneira distinta em relação a maturação, principalmente em variedades precoces (Wills & Golding, 2015).

Essa independência nas fases de maturação do fruto, é facilmente observada no Brasil e em outras áreas de clima tropical que cultivam citros. Em climas mais quentes, é comum as frutas atingirem a maturação precocemente e apresentarem coloração da casca menos intensa (Borges & Pio, 2003). Portanto, os frutos que já estão prontos para o consumo, podem apresentar a coloração da casca verde ou parcialmente verde. Em climas subtropicais e temperados, as frutas atingem sua coloração característica quando amadurecidas, devido a presença de baixas temperaturas durante a noite e altas temperaturas durante o dia (Jomori et al., 2010).

Além das condições climáticas que interferem na pigmentação natural do epicarpo, os frutos cítricos são classificados como frutos não-climáticos. Isso significa dizer que o processo natural de maturação não é acompanhado pelo aumento da respiração e acentuada

produção autocatalítica de etileno, logo após a colheita (Wills & Golding, 2015). Entretanto, a exposição dos frutos de citros ao etileno exógeno pode estimular processos associados a maturação externa, como a degradação da clorofila e a síntese ou a manifestação de carotenoides (Li et al., 2019).

Uma técnica utilizada para auxiliar na coloração do epicarpo é o desverdecimento, o qual consiste em expor os frutos ao etileno exógeno ou alguma substância precursora do etileno. O ácido 2-cloroetilfosfônico (ethephon) é uma substância precursora do etileno, que em contato com o tecido da planta, rapidamente reage liberando etileno (Arzam et al., 2021). O etileno é o responsável por acelerar a degradação das clorofilas e a síntese ou manifestação de carotenoides, o que intensifica a coloração dos frutos (Yuan et al., 2017). Em condições adequadas de temperatura e umidade relativa do ar, o tratamento dos frutos com substância precursora do etileno causa a redução da cor verde da casca e proporciona a coloração típica de cada variedade (Zhang & Zhou, 2019; Arzam et al., 2021).

A citricultura é uma atividade agrícola importante para a economia brasileira, e por isso há uma busca constante no aumento da tecnologia para sua produção, a fim de melhorar a qualidade dos frutos e atender aos padrões de exigência do mercado (Jomori et al., 2010). Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi determinar a concentração e o tempo de exposição ótimos para o desverdecimento satisfatório das laranjas Lima Sorocaba e Salustiana (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) com o uso do ácido 2-cloroetilfosfônico.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Pós-colheita do Setor de Fruticultura da Universidade Federal de Viçosa (UFV), campus Viçosa - MG. Foram utilizadas as laranjas Salustiana e Lima Sorocaba, provenientes

de pomares plantados em 2002 com plantas enxertadas sobre citrumeleiro Swingle (*Citrus paradisi* Mac. × *Poncirus trifoliata* Raf.). Os pomares estão localizados na Unidade de Ensino Pesquisa e Extensão (UEPE) Fundação/UFV (20° 45' 40" S; 42° 50' 55" W) a 700 m de altitude, no município de Viçosa - MG. O clima da região é classificado como Cwa pelo sistema de Köppen, com verões úmidos e invernos secos (Martins et al., 2018). O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (Amaral et al., 2004).

Os frutos foram coletados com o epicarpo verde no dia 1 de abril de 2019 e encaminhados ao Setor de Fruticultura do Departamento de Agronomia da UFV. Em seguida, os mesmos foram selecionados visualmente e sanitizados com hipoclorito de sódio (150 mg L⁻¹ de Cloro ativo) por dois minutos. Essa seleção se baseou no tamanho, coloração uniforme do epicarpo e ausência de injúrias ou danos de campo para homogeneizar as amostras. Logo após, foram separadas três amostras de oito frutos para caracterização inicial, em que foi determinado o teor de sólidos solúveis, o conteúdo de suco, a acidez total dos frutos, *ratio* e a cor da epiderme.

Para cada cultivar montou-se um experimento independente em delineamento inteiramente casualizado. Os tratamentos foram arrançados em esquema fatorial (2 × 4) + 1, com três repetições e oito frutos por unidade experimental (acondicionados em rede de nylon). Os tratamentos foram compostos por quatro concentrações de ácido 2-cloroetilfosfônico (ethephon) (0; 0,5; 1,0; e 2,0 g L⁻¹), dois tempos de imersão (3 e 6 minutos) e uma testemunha sem imersão (tratamento adicional). Os frutos foram armazenados em temperatura de 21 ± 0,5 °C e em umidade relativa do ar acima de 80% por 12 dias para a Salustiana e por 13 dias para a Lima Sorocaba.

Os frutos foram avaliados quanto a cor da epiderme e a perda de massa (PM) aos 3, 6 e 12 dias de armazenamento para Salustiana e aos 5, 9 e 13 dias para Lima Sorocaba.

Para mensuração da cor da epiderme foi utilizado o colorímetro Konica-Minolta® CR-10, sendo feitas duas leituras na região equatorial de cada fruto. Dessa forma foram mensuradas as coordenadas *a*, indicando a variação entre verde e vermelho; *b*, a variação entre azul e amarelo; e *L*, a luminosidade. Com esses valores foi calculado o índice de cor da casca (ICC), por meio da equação $ICC = 1000 \times a / (L \times b)$ (Jimenez-Cuesta et al., 1981). Quanto mais negativo o ICC mais esverdeada a cor dos frutos, já quanto mais positivo mais alaranjado, sendo a transição do verde para o amarelo é correspondida pelo valor de ICC = 0. ICC = + 2,0 é o valor mínimo pretendido comercialmente (Spósito et al., 2006).

Na determinação da perda de massa as unidades experimentais (rede de nylon com oito frutos) tiveram sua massa mensurada (m_f) e comparada com o dado de massa inicial (m_i), sendo a perda de massa (PM) calculada pela seguinte fórmula: $PM = 100 \times (m_i - m_f) / m_i$.

Na última avaliação de cada um dos experimentos, realizaram-se análises destrutivas dos frutos. Para tanto, as amostras foram pesadas em balança de precisão (m_p) e após submetidas à extração do suco por meio de espremedor mecânico. A massa do resíduo da amostra foi obtida (m_r) e o conteúdo de suco (CS, %) foi calculado pela expressão: $CS = 100 \times (m_f - m_r) / m_f$. Já o teor de sólidos solúveis (SS, %) foi mensurado com refratômetro digital modelo ATAGO PAL-1®. A acidez titulável (AT) foi determinada por titulação com NaOH 0,1 mol L⁻¹, sendo expresso em % de equivalente ácido cítrico. O *ratio* foi obtido pela razão SS/AT (Volpe et al., 2002).

Os dados foram analisados pela rotina PROC MIXED no Software SAS®, versão 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). As variáveis ICC e PM foram submetidas a análise de medidas repetidas, sendo as estruturas de covariâncias selecionadas de acordo com os critérios de informação de Akaike e Bayesiano (Oliveira et al., 2017). As análises de variância foram realizadas em dois momentos (Yassin et al., 2002): *a*) análise conjunta, com a fonte de variação “Tratamentos” desdobrada no contraste ortogonal “Controle vs. Parte Fatorial”, com intuito de separar o tratamento adicional da estrutura fatorial dos tratamentos; e *b*) análise da parte fatorial, referente a concentração e tempo de imersão, organizada nas fontes de variação “Ethephon (E)”, “Tempo de Imersão (I)” e interação “E*I”. No caso das variáveis ICC e PM, devido a análise de medidas repetidas, adicionalmente encontrou-se a fonte de variação “Tempo de armazenamento (T)”, e interações consequentes. Quando o Teste F foi significativo ($\alpha = 0,05$), os efeitos foram complementados por meio de análise de regressão polinomial ou não-linear, com o Software SigmaPlot®, versão 14.0 (Systat Software, 2017).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A laranja Salustiana, cujos frutos foram colhidos com *ratio* de 5,7 (Tabela 1), apresentou valores abaixo do critério de colheita ($SS/AT \geq 6$), proposto por Sartori et al. (2002). Isso ocorre porque a Salustiana possui maior porcentagem de acidez em relação a Lima Sorocaba, que é um fruto pertencente ao grupo de laranjas de baixa acidez (Lima et al., 2014; Girardi et al., 2021).

Salustiana

A cor da casca das laranjas Salustiana diferiu entre o tratamento adicional (sem imersão) e os frutos submetidos a imersão em diferentes concentrações de ethephon. Os frutos não submetidos à imersão obtiveram valores médios de ICC = 0,86 enquanto os valores médios dos tratamentos submetidos a exposição a diferentes doses de ethephon foi de ICC = 2,22.

A perda de massa (PM) e o índice de cor da casca (ICC) da laranja Salustiana variaram em função da concentração de ethephon (E) e ao longo do tempo de armazenamento. O mesmo comportamento foi observado por Ruiz et al. (2020), no desverdecimento de Satsuma Okitsu (*Citrus unshiu* Marc.) utilizando ethephon.

A perda de massa da laranja Salustiana teve um comportamento de crescimento exponencial a taxas decrescentes ao longo do tempo de armazenamento, e atingiu 3,50% de perda aos 12 dias de armazenamento (Figura 1a). Não foi possível ajustar nenhuma curva às concentrações de ethephon (Figura 1b), apesar de terem demonstrado efeito significativo sobre essa variável, resultando em uma PM média de 2,21%. A perda de massa dos frutos ocorre devido à respiração e principalmente

pela perda de água da casca dos frutos via processo de transpiração, o qual sofre influência do déficit de pressão de vapor (DPV), definida como a diferença entre a pressão parcial de vapor d'água presente no fruto e no ar que circula no ambiente (Du et al., 2020).

O ICC em relação ao tempo de armazenamento teve um comportamento sigmoidal atingindo um máximo de ICC = 3,34 aos 12 dias de armazenamento. Já o ICC = 2,0 foi obtido no quinto dia de armazenamento. Em relação às concentrações de ethephon, o comportamento foi de uma curva log normal. O valor máximo de ICC foi de 3,01, sendo obtido na concentração de 1,1 g L⁻¹ de ethephon. Contudo, concentrações de 0,5 g L⁻¹ de ethephon obtiveram valores médios de ICC = 2,50 (Figura 2).

De acordo com Spósito et al. (2006), quando o ICC $\geq 2,0$, considera-se que houve coloração satisfatória dos frutos. No gráfico, nota-se um ganho significativo do ICC já no sexto dia de armazenamento e na concentração de 0,5 g L⁻¹ para a laranja Salustiana (Figura 2). Isso ocorreu provavelmente porque a exposição dos frutos ao ethephon, substância precursora do etileno, estimulou a degradação da clorofila e permitiu a manifestação de carotenoides (Jacomino et al., 2003).

Tabela 1. Valores (média \pm desvio-padrão) de massa, conteúdo de suco (CS), acidez total (AT), sólidos solúveis (SS), Ratio (SS/AT) e índice de coloração da casca (ICC) dos frutos de laranja Salustiana e Lima Sorocaba na instalação do experimento. (Viçosa, Minas Gerais, 2019)

Variedade	Massa (g)	CS (%)	AT (%)	SS (%)	SS/AT	ICC
Salustiana	193,88 \pm 10,8	57,4 \pm 1,27	1,25 \pm 0,03	7,1 \pm 0,40	5,7 \pm 0,02	-3,95 \pm 1,05
Lima Sorocaba	204,02 \pm 20,7	53,0 \pm 2,58	0,28 \pm 0,05	6,5 \pm 1,03	24,2 \pm 5,72	-3,72 \pm 0,73

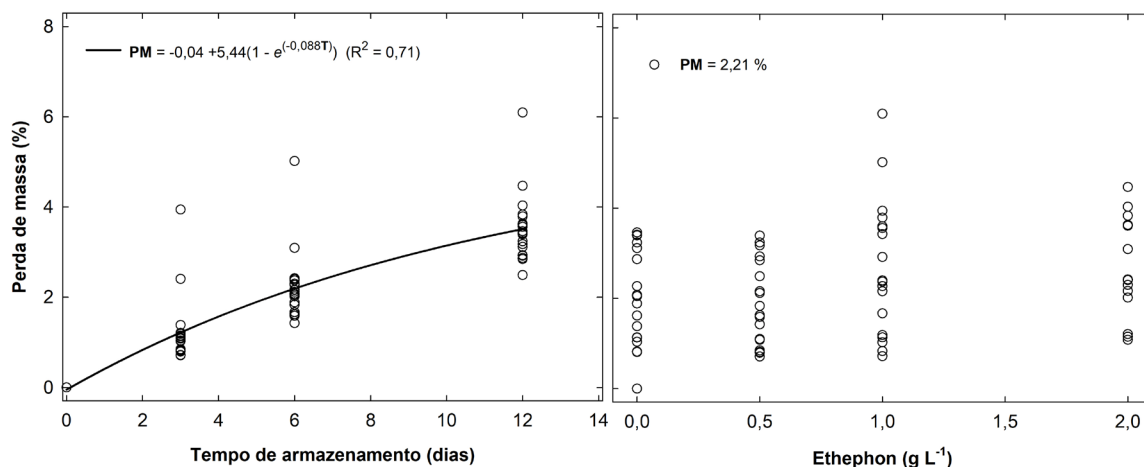


Figura 1. Efeito da aplicação de ethephon e tempo de armazenamento em razão da perda de massa (PM) dos frutos da laranja Salustiana. Os círculos correspondem a todas as leituras obtidas na região equatorial dos frutos, de um lado e de outro durante as avaliações. (Viçosa, Minas Gerais, 2019).

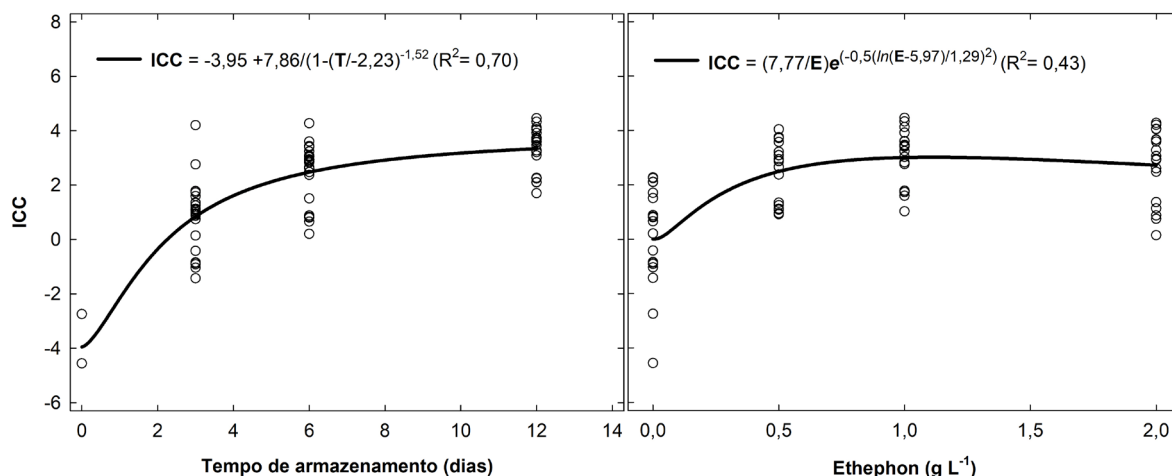


Figura 2. Índice de cor da casca (ICC) em relação ao tempo de armazenamento e a diferentes concentrações de ethephon aplicadas na laranja Salustiana. (Viçosa, Minas Gerais, 2019).

Na análise destrutiva dos frutos, observaram-se pouco efeito dos tratamentos sobre as características físico-químicas. Houve interação significativa entre as concentrações de ethephon e o tempo de imersão em relação a acidez total. Entretanto, o conteúdo de suco, sólidos solúveis e *ratio* não foram afetados.

Resultados semelhantes foram observados por Zhang & Zhou (2019), na avaliação do desverdecimento de limão Eureka (*Citrus limon* (L.) Burm. f.) utilizando o ethephon e também pela Jomori et al. (2010) em seu trabalho com tangor Murcott (*Citrus reticulata* Blanco x *Citrus sinensis* L. Osbeck). Por serem frutos não-climatéricos, não ocorrem grandes alterações físico-químicas no suco dos frutos, e trata-se de uma das justificativas para que, os frutos de citros sejam colhidos quando atingem a maturação fisiológica interna (Galli et al., 2021).

Em imersão de 3 minutos, observa-se uma tendência de diminuição da acidez conforme a maior concentração de ethephon aplicada (Figura 3), principalmente a partir de concentrações de 0,5 g L⁻¹. Isso pode ser explicado pelo fato de que a aplicação de maiores quantidades de ethephon podem ter aumentado a respiração dos frutos, uma vez que os ácidos orgânicos são usados como substrato deste processo (Wills & Golding, 2015).

Nas concentrações de 0 e 0,5 g L⁻¹ a acidez foi menos afetada em relação aos padrões de colheita (Tabela 1), o que sinaliza uma melhor conservação dos frutos (Brackmann et al., 1999).

No tempo de imersão de 6 minutos, não houve efeito do ethephon sobre a acidez. Contudo, observa-se que em concentrações de 0 e de 0,5 g L⁻¹, frutos imersos por 6 minutos apresentaram menores teores de acidez no suco.

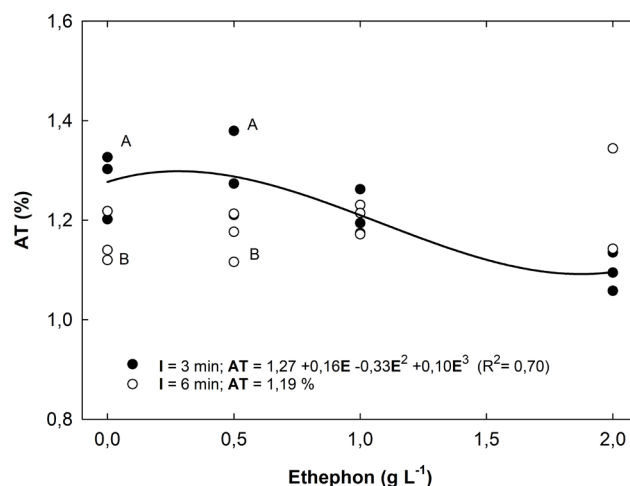


Figura 3. Variação da acidez total (AT) em diferentes concentrações de ethephon para a laranja Salustiana. (Viçosa, Minas Gerais, 2019).

Aos 12 dias de armazenamento, os frutos da cultivar Salustiana encontravam-se em média com CS = 57,2% e com IM = 6,8, valores acima dos critérios mínimos exigidos para comercialização, que variam entre 35 e 45% para o CS e IM = 6,5 (OECD, 2010; Programa Brasileiro para Modernização da Horticultura, 2011).

Já em relação aos teores de sólidos solúveis, os frutos atingiram valores abaixo dos critérios mínimos exigidos pelos padrões nacionais (SS = 10), com total de SS = 8,2% (Programa Brasileiro para Modernização da Horticultura, 2011). Contudo, de acordo com a OECD (2010), internacionalmente não são determinados padrões mínimos para SS, pois este pode variar conforme a

cultivar, safra, época de colheita e posição do fruto na copa (Sartori et al., 2002; Lemos et al., 2012). Esse menor teor de sólidos solúveis está associado a colheita precoce e o pequeno período de armazenamento.

Lima Sorocaba

A cor da casca da cultivar Lima Sorocaba diferiu entre o controle absoluto e os frutos submetidos a imersão em diferentes concentrações de ethephon, da mesma forma que observado para a laranja Salustiana. O controle absoluto (sem imersão) obteve valores médios de ICC = 0,39, enquanto os valores médios dos tratamentos submetidos a exposição a diferentes doses de ethephon foi de ICC = 2,54. Não foi observado esse efeito para a perda de massa da laranjeira Lima Sorocaba. Não houve diferenças em perda de massa entre o controle absoluto e os tratamentos que foram submetidos a imersão (parte fatorial).

Na variável perda de massa, as interações entre a concentração de ethephon (E), tempo de armazenamento (T) e entre a concentração de ethephon (E) e o tempo de imersão (I) foram significativas. Já para o índice de cor da casca (ICC), houve interação significativa entre a concentração de ethephon (E) e o tempo de imersão (I), além de efeito simples do tempo de imersão.

O índice de coloração da casca demonstrou ser afetado por todos os fatores, já que o ethephon em contato com o fruto induz a produção de etileno, que favorece a oxidação da clorofila (Blum & Ayub, 2008; Arzam et al., 2021).

Na laranja Lima Sorocaba, a perda de massa teve um comportamento de crescimento exponencial a taxas decrescentes ao longo do tempo de armazenamento, atingindo 3,20 e 3,43% de perda aos 13 dias de armazenamento, para concentrações de 0 a 1,0 g L⁻¹ de ethephon. Já para concentrações de 2,0 g L⁻¹, a perda de massa foi de 4,34% aos 13 dias de armazenamento, com uma taxa de perda de massa maior em relação aos frutos submetidos a concentrações menores de ethephon (Figura 4a).

A partir da segunda avaliação, houve leve perda de massa com o aumento da concentração de ethephon em laranjas Lima Sorocaba (Figura 4b). O mesmo efeito foi observado por Deng et al. (2016) no desverdecimento de tangerinas Wase Satsuma (*Citrus unshiu* Marc.) utilizando ethephon.

Ao longo do tempo de armazenamento, observou-se incremento gradativo na cor dos frutos (Figura 5). Aos sete dias, os frutos já estavam coloridos. Zhang & Zhou (2019) em seu trabalho no desverdecimento de limão Eureka com ethephon, também observou evolução da cor dos frutos em função do tempo de armazenamento após a aplicação. O tratamento dos frutos com ethephon causou a redução da cor verde, pela degradação da clorofila e permitiu que os frutos expressassem a coloração típica da variedade (Wills & Golding, 2015; Pereira et al., 2016).

Os frutos submetidos a imersões de 3 minutos apresentaram ICCs maiores em concentrações menores de ethephon, entre 0,5 e 1,0 g L⁻¹. Já em imersões de 6 minutos, os frutos atingiram colorações mais intensas sob o tratamento de 2,0 g L⁻¹ (Figura 5b).

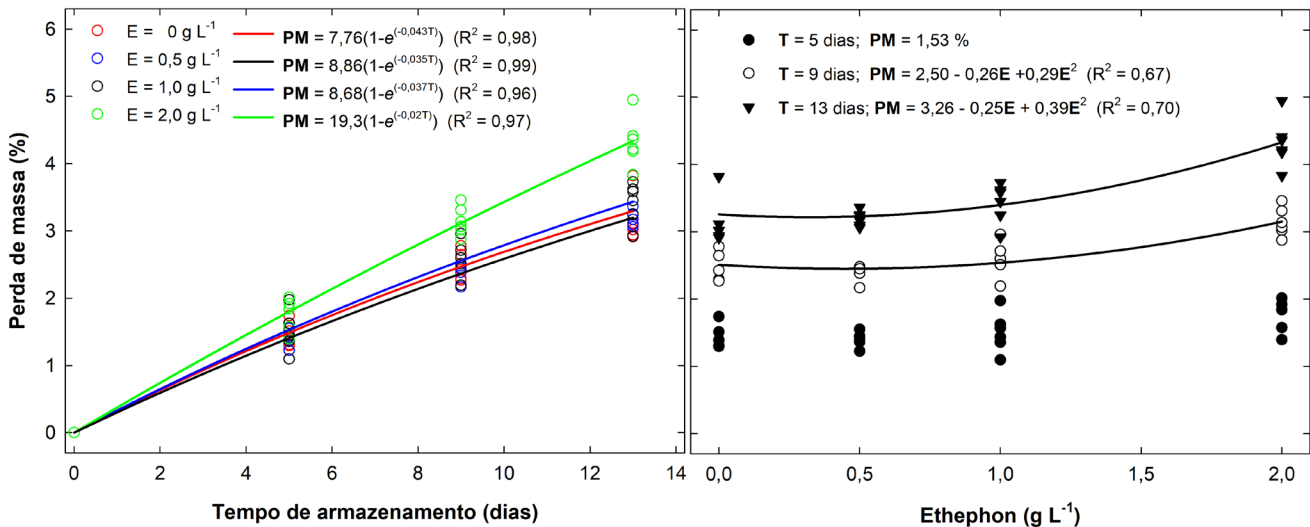


Figura 4. Influência do tempo de armazenamento (T) e diferentes concentrações de ethephon (E) na perda de massa (PM) da Lima Sorocaba. (Viçosa, Minas Gerais, 2019).

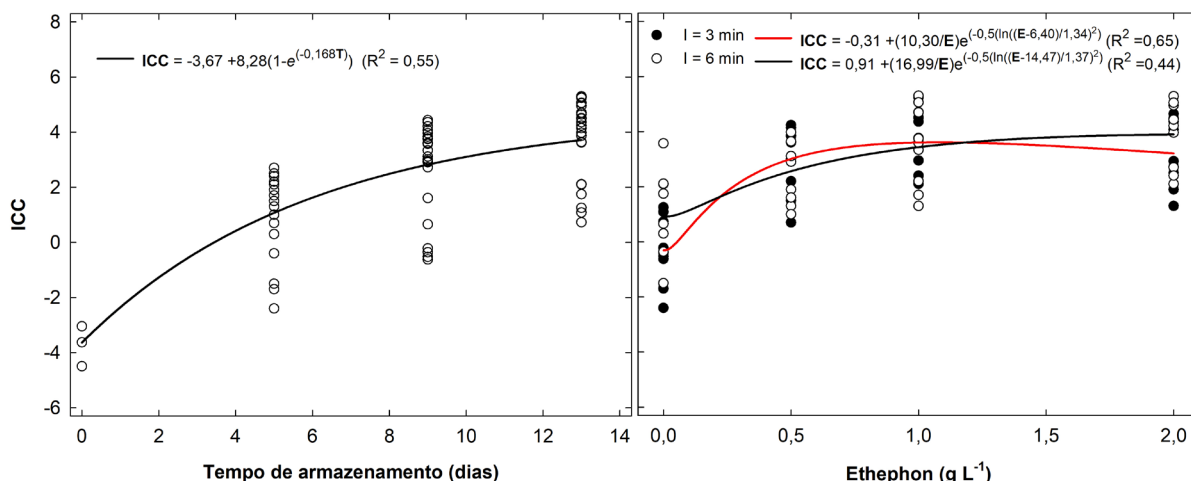


Figura 5. Efeito do tempo de armazenamento e aplicação de diferentes concentrações de ethephon no índice de cor da casca (ICC) para Lima Sorocaba. (Viçosa, Minas Gerais, 2019).

O ICC dos frutos teve um crescimento exponencial em taxas decrescentes em função do tempo de armazenamento, atingindo aos 13 dias de armazenamento $ICC = 3,72$. O valor de $ICC = 2,0$ foi obtido no sétimo dia de armazenamento (Figura 5a). Nas frutas submetidas a 3 minutos de imersão, o ICC máximo de 3,61 foi obtido na concentração de $1,1 g L^{-1}$ de ethephon. Já em 6 minutos de imersão, o ICC máximo de 3,90 foi obtido na concentração de $2,0 g L^{-1}$. Aos 3 e 6 minutos de imersão, o ICC de 2,0 foram obtidos com as concentrações de ethephon de 0,28 e $0,32 g L^{-1}$, respectivamente (Figura 5b).

Verifica-se que, aos 13 dias de armazenamento, houve uma interação significativa entre as concentrações de ethephon e o tempo de imersão para a variável conteúdo de suco (CS). O tempo de imersão interferiu no teor de sólidos solúveis (SS). Em imersões de 3 minutos, os frutos apresentaram 5,2% de SS, já em imersões de 6 minutos o teor de SS foi 6,7%. Ambos os valores estão abaixo dos 10% esperado para a comercialização *in natura* (Programa Brasileiro para Modernização da Horticultura, 2011), e podem estar associados a colheita precoce realizada.

É possível observar que a acidez total (AT) foi afetada independentemente da aplicação de ethephon por imersão. Os frutos que não foram imersos em nenhuma solução obtiveram valores de 0,16%, enquanto nas laranjas submetidas a tratamentos com imersão, esse valor foi de 0,18%. No entanto, observa-se que essa diferença é irrelevante.

Aos 13 dias de armazenamento, o IM médio foi de 33,58, valor superior ao critério internacional de $IM > 6,5$ (OECD, 2010) ou nacional ($IM > 9,5$) (Programa

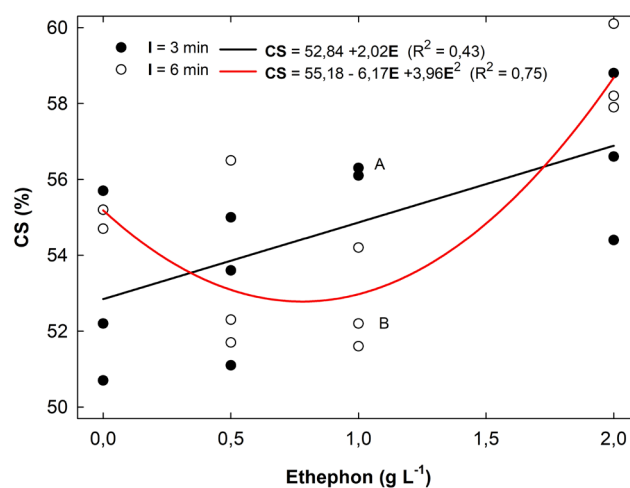


Figura 6. Variação do conteúdo de suco (CS) em razão das concentrações de ethephon aplicadas na Lima Sorocaba. (Viçosa, Minas Gerais, 2019).

Brasileiro para Modernização da Horticultura, 2011), fato que se deve aos baixos teores de AT desta cultivar.

No tempo de imersão de 3 minutos, verificou-se que o conteúdo de suco dos frutos submetidos ao tratamento de $1,0 g L^{-1}$ de ethephon foram maiores em relação a imersão de 6 minutos (Figura 6). Apesar do efeito da concentração de ethephon aplicada sobre o conteúdo de suco, este foi superior à 50% em todos os tratamentos, e ultrapassa o valor mínimo exigido para laranjas de baixa acidez ($CS = 35\%$) (OECD, 2010; Programa Brasileiro para Modernização da Horticultura, 2011).

CONCLUSÃO

A concentração de 0,5 g L⁻¹ de ethephon por 3 minutos é suficiente para causar o desverdecimento nos frutos de laranja Salustiana e Lima Sorocaba. Em relação ao tempo de armazenamento, aos seis dias após a aplicação, já é possível observar o incremento de cor desejável nos frutos da Salustiana, enquanto, para a Lima Sorocaba o mesmo ocorre aos sete dias.

Através dos resultados obtidos, é possível perceber que houve melhoria na qualidade visual dos frutos. Isso permite agregar valor, pois tornam os frutos mais atrativos ao consumidor e impulsiona as vendas no mercado.

REFERÊNCIAS

- Amaral, F. C. S., Santos, H. G., Aglio, M. L. D., Duarte, M. N., Pereira, N. R., Oliveira, R. P., & Carvalho Júnior, W. C. (2004). *Mapeamento de solos e aptidão agrícola das terras do Estado de Minas Gerais* (Embrapa Solos. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 63, 97 p.). Rio de Janeiro: Embrapa Solos.
- Arzam, T. S., Tahir, M. M., & Wijaya, H. (2021). The degreening of 'Selayar' orange using ethephon: the color peel changes and ethephon residue. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 807, 022022.
- Blum, J., & Ayub, R. A. (2008). Conservação pós-colheita da lima ácida Tahiti tratada com 1-metilciclopropeno. *Revista Biotemas*, 21(2), 27-31.
- Borges, R. S., & Pio, R. M. (2003). Comparative study of the mandarin hybrid fruit characteristics: Nova, Murcott and Ortanique in Capão Bonito-SP, Brazil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 25(3), 448-452.
- Brackmann, A., Lunardi, R., & Donazzolo, J. (1999). Frigoconservação e Controle de Podridões em Laranja 'Valência'. *Ciência Rural*, 29(2), 247-251.
- Campbell, B. L., Nelson, R. G., Ebel, R. C., Dozier, W. A., Adrian, J. L., & Hockema, B. R. (2004). Fruit quality characteristics that affect consumer preferences for satsuma mandarins. *HortScience*, 39(7), 1664-1669.
- Deng, L., Yin, B., Yao, S., Wang, W., & Zeng, K. (2016). Postharvest application of oligochitosan and chitosan reduces calyx alterations of citrus fruit induced by ethephon degreening treatment. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(39), 7394-7403.
- Du, Q., Jiao, X., Song, X., Zhang, J., Bai, P., Ding, J., & Li, J. (2020). The response of water dynamics to long-term high vapor pressure deficit is mediated by anatomical adaptations in plants. *Frontiers of Plant Science*, 11(758), 1-10.
- Galli, V., Sanchez-Ballesta, M. T., El-Kereamy, A., Ayub, R. A., & Jia, W. (2021). Hormonal regulation of non-climacteric fruit development and maturation [Editorial]. *Frontiers of Plant Science*, 12, 690691.
- Girardi, E. A., Pompeu Junior, J. P., Teofilo Sobrinho, J. T., Soares Filho, W. S. S., Passos, O. S., Cristofani-Yale, M., Sempionato, O. R., Stuchi, E. S., Donadio, L. C., Mattos Junior, D., Bassanezi, R. B., Garcia, L. A. P., & Ayres, A. J. (2021). *Guia de Recomendação de Citros em Campo: um guia prático para o reconhecimento em campo de variedades de laranjeira-doce e outras espécies de citros cultivadas no estado de São Paulo e Triângulo Mineiro* (158 p.). Araraquara: Fundecitrus.
- Jacomino, A. P., Mendonça, K., & Kluge, R. A. (2003). Armazenamento refrigerado de limões 'Siciliano' tratados com etileno. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 25(1), 45-48.
- Jimenez-Cuesta, M., Cuquerella, J., & Martínez-Javaga, J. M. (1981). Determination of a color index for citrus fruit degreening. *Proceedings of the International Society of Citriculture*, 2, 750-753.
- Jomori, M. L. L., Sestari, I., Terra, F. A. M., Chiou, D. G., & Kluge, R. A. (2010). Degreening of 'Murcott' Tangor with ethephon treatments. *Acta Horticulturae*, 877, 815-820.
- Lemos, L. M. C., Siqueira, D. L., Salomão, L. C. C., Cecon, P. R., & Lemos, J. P. (2012). Características físico-químicas da Laranja-Pera em função da posição na copa. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34(4), 1091-1097.
- Li, S.-J., Xie, X.-L., Liu, S.-C., Chen, K.-S., & Yin, X.-R. (2019). Auto and mutual regulation between two CitERFs contribute to ethylene induced citrus fruit degreening. *Food Chemistry*, 299, 125163.
- Lima, C. F., Marinho, C. S., Costa, E. S., Almeida, T. R. V., & Amaral, C. O. (2014). Qualidade dos frutos e eficiência produtiva da laranjeira 'Lima' enxertada sobre 'Trifoliata', em cultivo irrigado. *Agrária*, 9(3), 401-405.
- Martins, F. B., Gonzaga, G., Santos, D. F., & Reboita, M. S. (2018). Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite para Minas Gerais: Cenário atual e projeções

- futuras. *Revista Brasileira de Climatologia*, 14, 129-156. Edição Especial Dossiê Climatologia de Minas Gerais.
- Oliveira, P. D., Marodin, G. A. B., Almeida, G. K., Gonzatto, M. P., & Darde, D. C. (2017). Heading of shoots and hand thinning of flowers and fruits on 'BRS Kampai' peach trees. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52(11), 1006-1016.
- Organization for Economic Co-operation and Development – OECD. (2010). *International standards for fruit and vegetables. Citrus fruits* (244 p). Paris, França: OECD.
- Pacheco, C. A., Schinor, E. H., Azevedo, F. A., Bastianel, M., & Cristofani-Yaly, M. (2014). Caracterização de frutos do Tangor TMXLP 290 para mercado de fruta fresca. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36(4), 805-812.
- Pereira, G. S., Machado, P. F. C., & Costa, J. M. C. (2016). Quality of 'Valencia Delta' orange after degreening and coating with wax. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 20(10), 936-940.
- Programa Brasileiro para Modernização da Horticultura. (2011). *Normas de classificação de citros de mesa* (Folheto). São Paulo: Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo - CEAGESP. Recuperado em 27 de novembro de 2021, de <http://www.ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/citros.pdf>
- Ruiz, V. E., Martinez, G. A., & Bouzo, C. A. (2020). Evaluation of the photosynthetically active radiation (PAR) treatment as degreening method on 'Okitsu' Satsuma. *Horticultural Science and Biotechnology*, 96(2), 220-227.
- Sartori, I. A., Koller, O. C., Schwarz, S. F., Bender, R. J., & Schafer, G. (2002). Maturação de frutos de seis cultivares de laranjas-doces na depressão central do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 24(2), 364-369.
- Spósito, M. B., Julianetti, A., & Barbasso, D. V. (2006). Determinação do índice de cor mínimo necessário para a colheita de laranja doce valência a ser submetida ao processo de desverdecimento. *Fundecitrus*, 27(2), 373-379.
- Systat Software. (2017). *SigmaPlot for Windows* (Version 14.0) [Software]. San Jose, CA, USA: Systat Software Inc.
- Volpe, C. A., Schoffel, E. R., & Barbosa, J. C. (2002). Influência da soma térmica e da chuva durante o desenvolvimento de laranjas 'Valência' e 'Natal' na relação entre sólidos solúveis e acidez e no índice tecnológico do suco. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 24(2), 436-441.
- Wills, R. B. H., & Golding, J. B. (2015). *Advances in postharvest fruit and vegetable technology* (392 p.). Boca Raton, Flórida: Taylor & Francis Group.
- Yassin, N., Morais, A. R., & Muniz, J. A. (2002). Análise de variância em um experimento fatorial de dois fatores com tratamentos adicionais. *Ciência e Agrotecnologia*, 26(7), 1541-1547.
- Yuan, Z., Deng, L., Yin, B., Yao, S., & Zeng, K. (2017). Effects of blue LED light irradiation on pigment metabolism of ethephon-degreened mandarin fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 134, 45-54.
- Zhang, P., & Zhou, Z. (2019). Postharvest ethephon degreening improves fruit color, flavor quality and increases antioxidant capacity in 'Eureka' lemon (*Citrus limon* (L.) Burm. f.). *Scientia Horticulturae*, 248, 70-80.

Recebido: Novembro 27, 2021

Aceito: Setembro 02, 2022

Como citar: Caetano, M. M., Ferreira, J. T., Freitas, R. V., Barreiros, R. B., Alves, R. R., Leopoldino, L. S., Rodrigues, D. P., Gonçalves, B. F. S., Griebeler, S. R., & Gonzatto, M. P. (2021). Uso do ácido 2-cloroetilfosfônico no desverdecimento pós-colheita de laranjas Salustiana e Lima Sorocaba. *Citrus Research & Technology*, 42, e1069. <https://doi.org/10.4322/crt.23521>