**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Métodos de desverdecimento pós-colheita de tangor ‘Murcott’
e laranja ‘Valência’**

Maria Luiza Lye Jomori

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutor em Ciências. Área de concentração:
Fitotecnia

**Piracicaba
2011**

Maria Luiza Lye Jomori
Engenheiro Agrônomo

Métodos de desverdecimento pós-colheita de tangor 'Murcott' e laranja 'Valência'

Orientador:
Prof. Dr. **RICARDO ALFREDO KLUGE**

Tese apresentada para obtenção do título
de Doutor em Ciências. Área de concentração:
Fitotecnia

Piracicaba
2011

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Jomori, Maria Luiza Lye

Métodos de desverdecimento pós-colheita de tangor 'Murcott' e laranja 'Valência' / Maria Luiza Lye Jomori. - - Piracicaba, 2011.
137 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2011.

1. Armazenagem em atmosfera controlada 2. Coloração 3. Laranja - Qualidade 4. Pós-colheita 5. Refrigeração I. Título

CDD 634.31
J75m

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Aos meus pais Kasuki e Marico Jomori

pelo constante incentivo, ensinamentos, amor e carinho.

*Aos meus irmãos Douglas e Nancy, aos meus cunhados Juliana e Daniel,
aos meus sobrinhos (Yuiti, Thomas, Seiji, João Victor e Sara) e a minha
avó Kiyoko,*

Que partilham comigo desta vitória.

*Ao meu namorado, Shizuo (Mozão), e a todos meus amigos
que foram peça fundamental, meu apoio
para que eu chegasse até aqui!*

DEDICO E OFEREÇO.

*"A maior vitória na competição é derivada
da satisfação interna de saber que você fez
o seu melhor e que você obteve o máximo
daquilo que você deu."*

Howard Cosell

AGRADECIMENTOS

A Deus e a Meishu-Sama, por sempre estar presente em minha vida, possibilitando mais vitórias.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, pela possibilidade de realização deste curso, em especial, o Curso de Fitotecnia.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP pela concessão da bolsa, possibilitando a realização do meu estudo.

Ao Prof. Dr. Ricardo Alfredo Kluge pela orientação, amizade, incentivo e dedicação demonstrada em cada etapa deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Angelo Pedro Jacomino pelo incentivo a trabalhar e estudar pós-colheita de produtos hortícolas, e pela amizade e disponibilidade do uso dos equipamentos de seu laboratório.

À pesquisadora Lenice Magali do Nascimento pelos ensinamentos e ótimas sugestões para a realização desse trabalho.

À pesquisadora Rosário Torres e à professora Imaculada Viñas por permitir realizar o estágio no IRTA (Investigación y Tecnología Agroalimentarias), Lleida-Espanha, e principalmente à Carmem, Laura, Neus, Pilar, Elena, Rosa, Maria, Maria Angeles e Josep pela companhia e pelos ensinamentos durante esse período.

À Prof^a. Dr^a. Giuseppina Pace Pereira Lima pelas sugestões com a enzima clorofilase e ensinamentos na área de bioquímica.

Aos docentes da ESALQ/USP, por compartilharem seus conhecimentos durante este período de minha formação.

Ao produtor Sr. Emílio César Favero, da Alfa Citrus, pela doação de parte dos frutos para a realização dos experimentos e pela confiança.

À Luciane, secretária do PPG em Fitotecnia, pelas inúmeras vezes que me auxiliou.

À Silvia Maria Zinsly, bibliotecária da ESALQ, que se dispôs a corrigir meu trabalho.

Aos funcionários do Departamento de Ciências Biológicas e Produção Vegetal, que de alguma forma colaboraram para a realização desse trabalho.

Aos companheiros do grupo de Fisiologia e Bioquímica Pós-colheita, Mindinha, Jaque, Mariana, Ger, Andressa, Aninha, Dani Vitti, Carol Vitti e Juan pela amizade, ensinamentos e pelo apoio na condução do experimento, e principalmente à Fabiana (Baguiña) pelo apoio, carinho e amizade, e pelos inúmeros conselhos e à Natália pela amizade e ajuda na revisão do texto.

Aos amigos Fernando, Zé e Ivan, pelo companheirismo, ensinamentos e disposição de sempre me ajudar nos momentos difíceis.

Aos estagiários Diego (Til), Bia (Pá-frente), Liliane (Super Pop), Mayla (Minholeta), Lígia (Féxion), Marcos (Requebra), Adriano (Inka), Fábio (Sukuzinho), Gisele (Pingona), Carol (Vendada), Gabi (Grilera), Rafael (Lagarto), Nicolas (Nas coxas), Juliano (Patinete), Nara (Diplástico), Daniele (Desmamada), Carolina (Pet) pelo auxílio na montagem e análises dos experimentos e principalmente pela amizade e companheirismo, muito obrigada mesmo, sem vocês não seria possível!!

À minha amiga Carina (Voa), pela incansável ajuda nos momentos mais difíceis, pelos conselhos e pela grande amizade!!

À minha amiga Paula (Foker) por todo apoio, ensinamentos, companheirismo e muita paciência, mas muita paciência!!

Às minhas irmãzonas Daniela (Ruti), Laís, Priscila (Dinha), Mariana (Relpi), Giuliana (Tafas), que me apoiaram em todo o momento, obrigada amigas!!

À república Kza Verde, a todas que um dia deixaram seu pedacinho e àquelas que um dia deixarão para a consolidação dessa grande família!! Em especial a Voa, Noti, Magrela, Bicuti, Mandi, Kuiq, Cô, Perla, Papas, Lele, Toiça, Ecluza, Fristol, Xop, Tropera, Bororó, Rodada, T-jano, Decom, Dineve, Konga, Berimbau, Lokus, Nospeito, Azimut, Ipanema, Picão, Blindex e Tapa, muito obrigada meninas!

À Ainid (Roberta) pela acolhida em sua casa, pela companhia e amizade e principalmente pela doação de seu computador, sem esse, seria impossível completar meu trabalho, muito obrigada de coração Nid!!

Aos integrantes do Dral, em especial ao Bota, 1/2 Kura e Zino, e ao Luis Chorilli pelo apoio e amizade.

Aos meninos da República Pinga Pura pela amizade e companheirismo, e principalmente pelos momentos de distração.

À minha família, pelo amor e apoio nessa etapa de minha vida.

Ao meu namorado Shizuo pelo apoio incondicional, companheirismo, amor e muita paciência!

E a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito Obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO.....	13
ABSTRACT	15
1 INTRODUÇÃO.....	17
2 DESENVOLVIMENTO	19
2.1 Revisão bibliográfica	19
2.1.1 Importância da cultura	19
2.1.2 Qualidade das frutas.....	21
2.1.3 Desenvolvimento da coloração.....	23
2.1.3.1 Clorofilas	24
2.1.3.2 Carotenóides.....	25
2.1.3.3 Clorofilase	26
2.1.4 Desverdecimento.....	27
2.1.5 Métodos de desverdecimento.....	29
2.1.5.1 Desverdecimento antes da colheita	29
2.1.5.2 Desverdecimento após a colheita	30
2.1.5.3 Desverdecimento em câmara	32
2.2 Material e métodos.....	36
2.2.1 Local	36
2.2.2 Variedades	36
2.2.3 Descrição dos experimentos	36
2.2.3.1 Experimento 1 – Desverdecimento com ethephon	36
2.2.3.2 Experimento 2 – Estudo de temperatura e tempo de desverdecimento em câmara	37
2.2.3.3 Experimento 3 – Estudo do tempo e concentração de etileno para o desverdecimento em câmara	37
2.2.3.4 Experimento 4 – Estudo da temperatura e concentração de etileno para o desverdecimento em câmara	38
2.2.3.5 Experimento 5 – Avaliação dos melhores tratamentos combinados de temperatura, tempo e concentração de etileno	38

2.2.3.6 Experimento 6 – Conservação refrigerada após desverdecimento com ethephon.....	39
2.2.3.7 Experimento 7 – Conservação refrigerada após desverdecimento em câmara	39
2.2.3.8 Experimento 8 – Desverdecimento após a conservação refrigerada	39
2.2.4 Procedimentos gerais	40
2.2.5 Avaliações.....	41
2.2.6 Análise dos resultados	46
2.3 Resultados e discussão	47
2.3.1 Experimento 1 – Desverdecimento com ethephon.....	47
2.3.2 Experimento 2 – Estudo de temperatura e tempo de desverdecimento.....	53
2.3.3 Experimento 3 – Estudo de tempo e concentração de etileno para o desverdecimento	58
2.3.4 Experimento 4 – Estudo de temperatura e concentração de etileno para o desverdecimento	63
2.3.5 Experimento 5 – Avaliação dos melhores tratamentos combinados de temperatura, tempo e concentração de etileno.....	68
2.3.6 Experimento 6 – Conservação pós-colheita após desverdecimento com ethephon	82
2.3.7 Experimento 7 – Conservação pós-colheita após desverdecimento em câmara....	94
2.3.8 Experimento 8 – Desverdecimento após a conservação refrigerada	109
3 CONCLUSÕES	121
REFERÊNCIAS	123
ANEXOS.....	135

RESUMO

MÉTODOS DE DESVERDECIMENTO PÓS-COLHEITA DE TANGOR 'MURCOTT' E LARANJA 'VALÊNCIA'

A procura de frutas com boas características para exportação *in natura* tem aumentado, sendo em grande parte dependente da melhoria da qualidade da fruta. Neste sentido, a adequação das operações ligadas à produção e pós-colheita é fundamental para tornar a fruta cítrica brasileira mais competitiva no mercado externo. Em decorrência de grande parte da área citrícola brasileira localizar-se em regiões de clima tropical, os frutos cítricos alcançam à plena maturação interna, enquanto que a casca permanece parcialmente verde, tornando-os inaceitáveis para a comercialização *in natura* em mercados exigentes. Assim, há necessidade do estudo de métodos e condições mais apropriadas para o desverdecimento dos frutos em pós-colheita para as nossas variedades e condições climáticas. Este estudo teve como objetivo avaliar o uso da técnica de desverdecimento pós-colheita de tangor 'Murcott' e de laranja 'Valência', por meio da aplicação de etileno, na forma líquida e gasosa (em câmara). Utilizaram-se concentrações de 0 a 8000 mg L⁻¹ de ethephon aplicadas por imersão (3 minutos) e 0,0; 0,25; 0,5; 0,75 e 1,0 L m⁻³ de etileno aplicadas em câmaras por 24 a 120 horas de exposição e 15 a 30°C e 90% UR. Foram definidas as melhores condições de desverdecimento e, posteriormente, parte dos frutos ficou por 3 dias a 25°C e 80% UR, simulando a comercialização, e outra parte dos frutos foi submetida à refrigeração (5°C e 90% UR) por período de 30 dias (+3 dias a 25°C e 80% UR, simulando a comercialização). Foi avaliado também o efeito do desverdecimento em câmara após o armazenamento refrigerado dos frutos. Os frutos foram avaliados logo após os tratamentos, após a primeira simulação de comercialização, após a refrigeração e após a segunda simulação de comercialização. A condição de 0,5 L m⁻³ de etileno por 96 horas de exposição a 25°C foi a mais eficiente para incrementar a coloração dos frutos. As taxas respiratórias e produção de etileno aumentaram em função da concentração usada de etileno. O incremento na atividade da clorofilase foi acompanhado pela queda no teor de clorofila, enquanto que o teor de carotenóides se manteve constante. Quanto às características internas não foram observadas alterações significativas em função dos tratamentos. Verificou-se que o armazenamento refrigerado após o desverdecimento não interfere no desenvolvimento da coloração da casca dos frutos, não afetando a qualidade dos mesmos. Além disso, o processo de desverdecimento após a refrigeração é eficaz para a mudança da coloração dos frutos das duas variedades estudadas.

Palavras-chave: *Citrus* sp; Etileno; Degradação da clorofila; Armazenamento refrigerado

ABSTRACT

Post-harvest degreening methods for 'Murcott' tangor and 'Valencia' orange

The demand for fresh fruits with good characteristics to exportation has increased, being mostly dependent on the improvement of fruit quality. In this sense, the adequacy of the operations related to production and post-harvest is crucial to make the Brazilian citrus fruit more competitive in foreign markets. Due to the large part of Brazilian citrus growing area is located in the tropical, citrus fruit reaches full internal maturity, while the peel remains partially green, making them unacceptable for the demanding fresh fruit markets. Thus, there is a necessity to study methods and more suitable conditions for the degreening of post-harvest fruit in our climatic conditions and varieties. This study was based on the technique of post-harvest degreening of 'Murcott' and 'Valencia', involving the application of ethylene in liquid and gaseous form (chamber). The concentrations used were 0 to 8000 mg L⁻¹ of ethephon by immersion (3 minutes) and 0.0, 0.25, 0.5, 0.75 and 1.0 L m⁻³ of ethylene applied inside the chamber for 24 to 120 hours of exposure and 15 to 30°C and 90% RH. The best conditions for degreening were defined and later, part of the fruits was for 3 days at 25°C and 80% RH, simulating the commercialization, and the other part was stored under refrigeration (5°C) with 90% RH for 30 days, and after that, 3 days at 25°C and 80% RH, simulating the commercialization. The effect of cold storage of the fruit before the degreening inside the chamber was also evaluated. The fruits were evaluated right after the applications, the first simulation of commercialization, the cooling and the second simulation. The condition of 0.5 L m⁻³ for 96 hours at 25°C was the most efficient way to improve fruit color. Respiratory rate and ethylene production increased with the dosage of ethylene used. The increased activity of chlorophyllase was followed by decrease in chlorophyll content, while the carotenoid content remained constant. As for the internal features, significant changes in the treatments were not observed. It was found that refrigerated storage after degreening do not interfere on the development of the fruit's peel color, neither affecting their quality. Beyond that the process of degreening after cooling is effective for changing the color of both studied varieties.

Keywords: *Citrus* sp; Ethylene; Chlorophyll degradation; Cold storage

1 INTRODUÇÃO

A citricultura apresenta importância destacada na agricultura brasileira e mundial, considerando que o Brasil é o maior produtor de laranjas e maior exportador de suco concentrado. Segundo dados do IBGE (2010), a produção de laranjas brasileiras está estimada em, aproximadamente, 18,9 milhões de toneladas, advinda de uma área de aproximadamente 988 mil hectares. De 2009 para 2010, houve um crescimento de 3% no rendimento médio dos pomares, de acordo com o IBGE (2010), o que ressalta a importância econômica da laranja no País.

Segundo a SECEX (Secretaria de Comércio Exterior), a exportação de laranja fresca em 2009 foi menor que 1% do total produzido, exportando um volume pouco maior que 26 mil toneladas. Esse valor é relativamente baixo em comparação com a produção total de 2009, quando foram produzidos 18,3 milhões de toneladas. Esses valores justificam grande parte dos pomares serem destinada para a extração de suco, onde o controle de qualidade é menos rigoroso. Entretanto, o baixo volume de exportação também pode ser creditado à qualidade inferior dos frutos se comparada com outras de países tradicionalmente exportadores, como a Espanha.

No Brasil, onde a citricultura concentra-se em áreas de clima tropical, as frutas alcançam a plena maturação interna, enquanto que a casca permanece total ou parcialmente verde, tornando-as inaceitáveis para a comercialização *in natura* em mercados exigentes quanto à coloração. Nos climas subtropicais e temperados, as frutas apresentam a sua coloração característica devido à exposição às baixas temperaturas durante a maturação (CASAS; MALLENT, 1988; ORTOLANI; PEDRO JUNIOR; ALFONSI, 1991; RODRIGUEZ, 1987; SINCLAIR, 1984).

Em países tradicionalmente produtores de frutas cítricas para consumo *in natura* e exportação, o desverdecimento tem sido aplicado como forma de melhorar a qualidade externa da fruta, proporcionando o desenvolvimento da coloração típica da variedade, particularmente em laranjas e tangerinas. Na Espanha, Estados Unidos, Israel, e outros países, esta técnica é bastante utilizada em épocas e/ou regiões onde ocorrem temperaturas altas durante a maturação da fruta (JIMENEZ-CUESTA, CUQUERELLA; MARTÍNEZ-JÁVEGA, 1983; KADER; ARPAIA, 1992). Na situação do

Brasil, pouco se conhece das condições ideais para a execução do desverdecimento dos citros, sendo que geralmente a tecnologia usada é semelhante à realizada na Espanha, Flórida ou Califórnia, e os resultados são muitas vezes inconsistentes ou indesejáveis.

Em decorrência da grande parte da área citrícola brasileira localizar-se em regiões de clima tropical, existe a necessidade de se estudar para as nossas condições climáticas e variedades, os métodos e condições mais apropriadas para o desverdecimento dos frutos em pós-colheita. Em particular, a variedade de tangor 'Murcott' apresenta problemas, relatados pelos produtores, de não desverdecer próximo à região da inserção do pedúnculo, o que afeta a qualidade e a aceitação por parte do consumidor. Uma vez definida esta tecnologia de desverdecimento, tornar-se-á possível melhorar a qualidade da fruta, proporcionando maior competitividade no mercado externo e aumento do consumo interno.

Visando os aspectos citados, os objetivos deste trabalho foram:

- ✓ Verificar o efeito do ethephon sobre o desverdecimento de frutos de laranja 'Valência' e tangor 'Murcott';
- ✓ Determinar as melhores condições de temperatura, concentração de etileno e tempo de tratamento das variedades desverdecidas em câmara;
- ✓ Observar o efeito da conservação à baixa temperatura sobre os frutos submetidos ao desverdecimento antes do armazenamento;
- ✓ Verificar o efeito do desverdecimento em câmara dos frutos após o armazenamento refrigerado.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão bibliográfica

2.1.1 Importância da cultura

O Brasil detém 30% da produção mundial de laranja e 59% da produção de suco, sendo o Estado de São Paulo e a Flórida os maiores detentores da oferta mundial, um caso raríssimo tratando-se de commodities agrícolas. O sistema agroindustrial da laranja, no Brasil, atende cerca de 50% da demanda e 75% das transações internacionais, trazendo anualmente mais de US\$1 bilhão em créditos de exportação para o Brasil, e uma parcela do PIB equivalente a US\$ 5 bilhões de dólares (ABECITRUS, 2009).

Atualmente, a citricultura brasileira ocupa uma área de aproximadamente 800 mil hectares, sendo que o Estado de São Paulo possui cerca de 620 mil hectares, distribuídos em 330 municípios e em 29 mil propriedades. A produção destinada à industrialização, nesse Estado, corresponde a um total de 85%. O suco produzido é exportado para vários países, incluindo-se principalmente Países Baixos, Estados Unidos, Japão e China. As exportações de suco concentrado de laranja (FCOJ) na safra 2007/2008 representaram um volume de produção de 1.271.634 de toneladas, tendo os mercados NAFTA (EUA, Canadá e México) e União Européia (UE) como os maiores importadores. Em relação às exportações de laranja in natura, o volume registrado da safra 2007/2008 correspondeu a 53 mil toneladas (ABECITRUS, 2009).

De acordo com levantamento conjunto da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) e da Secretaria de Agricultura e Abastecimento de São Paulo, divulgado pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento de São Paulo (2010), a safra agrícola de laranja 2009/2010 deve chegar a 318,6 milhões de caixas de 40,8 kg. Desse total, 292,7 milhões de caixas foram destinados à comercialização, sendo que 1,9 milhões de caixas vão para o consumo doméstico e 24 milhões de caixas são computados como perdas. Segundo os técnicos responsáveis pelo levantamento, do

total do volume esperado, 83,4% são destinados às indústrias processadoras de suco (244,2 milhões de caixas) e 16,6% (48,5 milhões) ao mercado *in natura*.

A laranja 'Valência' é a variedade de maior importância no mundo; caracteriza-se como uma árvore vigorosa e muito produtiva, com fruto de médio a grande, arredondado e de casca lisa e fina (SAUNT, 1990). De maturação tardia é apreciada pelo seu elevado teor de suco, excelente sabor, aparência e coloração atraentes. Sob o ponto de vista industrial, representa um dos suportes da agroindústria em todo o mundo, tendo em vista a excelente qualidade do suco para processamento, armazenamento e transporte (COELHO, 2002).

Segundo Figueiredo (1991), as laranjas 'Valência' apresentam em média 11,8 °Brix de sólidos solúveis (SS), 1,05% de acidez total (AT) e um valor de 11,2 para "Ratio". Esses frutos são destinados tanto para o mercado *in natura* interno e externo, quanto para a indústria.

Além disso, a laranja 'Valência' é uma das variedades mais cultivadas no Estado de São Paulo, em 2000 ela participava com aproximadamente 21% do total de laranjeiras existentes (POMPEU JUNIOR, 2001).

A UE importa do Brasil, principalmente, laranjas da variedade 'Valência', mais apreciadas por apresentarem poucas sementes (FIGUEIREDO, 1991). O período de exportação para a UE coincide com o inverno no Hemisfério Sul, quando os frutos dessa variedade, na maioria das regiões paulistas não alcançam a cor exigida. Para conseguir um melhor atributo de coloração, alguns exportadores utilizam câmaras de desverdecimento durante os tratamentos de pós-colheita. Nesses tratamentos, os frutos recebem a aplicação de etileno, em condições controladas de temperatura e umidade relativa, para que apresentem coloração aceitável para exportação.

A origem do tangor 'Murcott' (*Citrus reticulata* Blanco x *Citrus sinensis* Osbeck) não é bem conhecida. Seu nome é uma homenagem ao viveirista Charles Murcott Smith, que obteve as primeiras plantas enxertadas em Bayview na Flórida, Estados Unidos, em 1922. A variedade foi introduzida no Brasil pelo Instituto Agrônomo em 1948 (FIGUEIREDO, 1991).

O tangor 'Murcott' representa 24% das tangerinas plantadas no Estado de São Paulo sendo a segunda espécie mais cultivada, perdendo apenas para a 'Ponkan'

(INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA, 2010). É uma variedade mais tardia, portanto permite obter safras em períodos diferentes das outras tangerinas resultando em melhores preços (FIGUEIREDO, 1991). Seus frutos têm boa aceitação no mercado por apresentar boas características como: tamanho, boa coloração externa e interna, resistência ao transporte, alto rendimento de suco e potencial de industrialização. Entretanto, é uma tangerina mais difícil de ser descascada e possui muitas sementes, características consideradas indesejáveis e pode não ser competitiva em mercados mais exigentes (BORGES; PIO, 2003).

A planta apresenta como características, porte médio, copa ereta e uma produtividade de até 200 kg de frutos por planta. Se não for manejado com desbastes de fruto associados a uma nutrição adequada, o volume da colheita tende a se alternar de um ano para o outro. Os frutos pesam aproximadamente 140 g e possuem em torno de 20 sementes. É abundante em suco (aproximadamente 48% da massa do fruto), com 12,6 °Brix de sólidos solúveis (SS), 0,92% de acidez total e “Ratio” de 13,7 (FIGUEIREDO, 1991).

Segundo Castro; Ferreira e Yotsuyanagi (1991), a desuniforme coloração natural do tangor ‘Murcott’ após a colheita é um dos pontos de estrangulamento à comercialização desses frutos.

2.1.2 Qualidade das frutas

A qualidade de uma fruta cítrica é dada pelas suas características internas e externas, e pelo seu valor nutricional. Os componentes de qualidade mais importantes para os citros são: tamanho, forma, aspecto visual, coloração, espessura da casca, facilidade de desprendimento da casca, teor de óleo da casca, teor de sólidos solúveis e ácidos, relação entre sólidos solúveis e ácidos (“Ratio”), número de sementes, teor de vitamina C e porcentagem de suco (COSTA, 1994; TING; ROUSEFF, 1986).

A qualidade é determinada por vários fatores: clima, nutrição da planta, nível de controle fitossanitário, porta-enxerto, cultivar e técnicas culturais (CASAS; MALLENT, 1988; COSTA, 1994; MOURÃO FILHO, 1994; SINCLAIR, 1984). Além desses, as

técnicas ligadas com a pós-colheita podem influenciar na qualidade final da fruta (CHIMENTI JUNIOR, 1997; COSTA, 1994).

Os frutos cítricos são bagas hesperídio, que variam de "verdadeiras bagas", como tomate ou uva, até frutos que tem uma casca coriácea em torno da porção de fruta comestível. A casca é constituída por um exocarpo – o flavedo, e uma parte interna branca, o mesocarpo esponjoso – o albedo (DAVIES; ALBRIGO, 1994). O desenvolvimento de frutos de espécies cítricas dura de 6 a 12 meses e segue um padrão sigmoidal, que pode ser dividido em três fases claras. A primeira fase é a pré-maturação, que inclui a metade do período entre floração e colheita. Neste estágio ocorre um aumento grande no volume e o fruto se apresenta com qualidade aceitável, porém, não ótima para o consumo. A segunda é a maturação, onde o fruto atinge o crescimento pleno e máxima qualidade comestível. Nesta fase, as principais mudanças que ocorrem são o desenvolvimento das sementes e na permeabilidade dos tecidos. Porém, a etapa seguinte que corresponde ao amadurecimento, caracteriza um fruto mais palatável, completamente maduro onde sabores e odores específicos se desenvolvem juntos, com o aumento da doçura e acidez. Na terceira fase, ocorre o amaciamento e a mudança na coloração, na qual a clorofila decresce nos cloroplastos e os pigmentos carotenóides se desenvolvem.

As mudanças do sabor, odor, cor e textura, carboidratos, ácidos orgânicos, proteínas, compostos fenólicos, pigmentos, pectinas, etc., tornam o fruto aceitável para o consumo correspondendo às mudanças dos fatores sensoriais. A partir disso, segue-se o envelhecimento e morte de tecidos (RYALL; LIPTON, 1979).

A terceira fase é de suma importância econômica particular uma vez que a cor externa dos frutos cítricos é o parâmetro fundamental para o mercado de produtos frescos. Os resultados da mudança de cor externa se dão a partir da diferenciação dos cloroplastos para cromoplastos, uma mudança que em citros é influenciada pelas condições ambientais, disponibilidade de nutrientes e hormônios (IGLESIAS et al., 2001). Em geral, a maturação interna em citros é coincidente com o amadurecimento externo, embora existam exceções, indicando que esses processos são regulados pelos mecanismos de controle separados. Apesar de sua importância, a regulação da mudança de cor externa em citros é pouco compreendida.

A coloração externa tem sido considerada como um atributo de qualidade de grande importância e constitui um dos fatores determinantes para a aquisição dos frutos pelos consumidores (MAZZUZ, 1996). Assim, em citros, o consumidor normalmente associa a cor verde com frutas imaturas e a coloração laranja ou amarela com frutas maduras. Em laranjas e tangerinas, estas relações não ocorrem fisiologicamente, pois a cor da casca é pouco dependente da maturação interna (CASAS; MALLENT, 1988; CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O processo fisiológico que age no amadurecimento interno dos frutos cítricos independe do processo de pigmentação da casca (AMAT, 1988). Altas temperaturas e baixa amplitude térmica elevam o acúmulo de sólidos solúveis na polpa dos frutos, mas essa mesma condição climática faz com que a coloração da casca fique esverdeada (ALBRIGO, 1992). Isso ocorre porque temperaturas mais altas estimulam a degradação da clorofila existente no flavedo, que é responsável pela coloração verde dos frutos, enquanto temperaturas mais baixas favorecem a síntese de carotenóides, responsáveis pela tonalidade amarela e laranja intensa (MAZZUZ, 1996). Como a cor da clorofila se sobrepõe à dos carotenóides, é necessário que ocorra a degradação da clorofila para que os carotenóides possam expressar sua coloração (PANTASTICO, 1975).

O maior acúmulo de sólidos solúveis na polpa e a baixa qualidade visual da casca desses frutos fazem com que o Estado de São Paulo tenha uma boa aptidão para a produção de citros voltada à indústria de suco concentrado (SPÓSITO; BASSANEZI, 2002). Essa baixa qualidade visual dos frutos cítricos, somada aos problemas fitossanitários existentes, faz com que as exportações brasileiras de fruta in natura representem apenas 1% da produção total de laranja e tenha como mercado, basicamente, a União Européia (UE) (89,8%) e os países do Oriente (9,7%) (NEVES; LOPES, 2005).

2.1.3 Desenvolvimento da coloração

A maturação dos frutos cítricos é caracterizada por uma reduzida taxa de crescimento. Durante a fase de maturação dos citros, uma série de transformações ocorre interna e externamente que elevam a qualidade da fruta. Uma das modificações

mais evidentes é a mudança da coloração do flavedo, que passa de verde para amarelo ou laranja, dependendo da variedade. Esta alteração deve-se à degradação da clorofila e à síntese ou manifestação dos pigmentos do grupo dos carotenóides, localizados no flavedo da fruta (AWAD, 1993; BALDWIN, 1994; CASAS; MALLENT, 1988; CHITARRA; CHITARRA, 2005). O aparecimento de carotenóides também ocorre no suco dos frutos para a maioria das espécies e cultivares cítricas (CASAS; MALLENT, 1988). A variação no teor de carotenóides totais encontrados no suco de laranja 'Pêra Rio' é de 0,790 mg 100 mL⁻¹ (CHITARRA; CHITARRA, 2005; SARTORI et al., 2002). Esse estágio caracteriza-se também pelo aumento dos teores de sólidos solúveis totais, sobretudo açúcares, e de compostos nitrogenados, principalmente aminoácidos, e uma concomitante redução de ácidos orgânicos.

A perda da cor verde e a biossíntese de compostos de aroma da maturação são as estratégias desenvolvidas pelas plantas para atrair agentes de dispersão de sementes em frutos que contêm as sementes completamente maduras. Em citros, o desenvolvimento da regulação da queda de cor verde dos frutos envolve acumulação de grandes quantidades de pigmentos carotenóides concomitante com a degradação da clorofila (MASAYA et al., 2004). Ambos os processos metabólicos ocorrem nos plastídios do tecido do flavedo (a parte pigmentada exterior da casca) e são a manifestação visual da transformação cloroplastos das flavedo fotossinteticamente ativa em cromoplastos (GOLDSCHMIDT, 1988; KOBAYASHI, 1991; THOMSON; WHATLEY, 1980).

2.1.3.1 Clorofilas

As clorofilas (a e b) constituem a classe de pigmentos mais largamente distribuída na natureza, em folhas e frutos jovens. As clorofilas são moléculas formadas por complexo derivados da porfirina, tendo átomo central o Mg (magnésio). Esse composto é uma estrutura macrocíclica assimétrica totalmente insaturada constituída por quatro anéis de pirrol. As clorofilas a e b encontram-se na natureza numa proporção de 3:1, respectivamente, e diferem nos substituintes de carbono C-3. Na clorofila a, o anel de porfirina contém um grupo metil (-CH₃) no C-3 e a clorofila b (considerada um

pigmento acessório) contem um grupo aldeído (-CHO), que substitui o grupo metil-CH₃. A estabilidade da clorofila b deve-se ao efeito atrativo de elétrons de seu grupo aldeído no C-3 (VON ELBE, 2000). A clorofila b é sintetizada através da oxidação do grupo metil da clorofila a para um grupo aldeído. No entanto, muitos estudos têm sido realizados para elucidar a biossíntese da clorofila b, mas as rotas para a formação da clorofila b ou das proteínas envolvidas ainda não foram elucidadas (TANAKA et al., 1998).

A perda da cor verde deve-se à decomposição estrutural desse pigmento, em decorrência de vários fatores que atuam isoladamente ou em conjunto. Dentre eles: pH, onde há acúmulo de ácidos orgânicos e outros compostos nos vacúolos, ativação de enzima clorofilase e presença de sistemas oxidantes (BLEINROTH et al., 1992).

2.1.3.2 Carotenóides

Os carotenóides são uma ampla família de compostos isoprenóides, essenciais no processo fotossintético e na proteção das oxidações por excesso de luz e energia. São responsáveis pela coloração atraente para flores e frutos, variando de amarelo, laranja ao vermelho escuro (DELLAPENNA; POGSON, 2006; HIRSCHBERG, 2001). Sua importância como componentes nutricionais é bem conhecida. Sabe-se que carotenóides específicos são precursores de vitamina A, têm atividade antioxidante e proteção significativa nos efeitos contra doenças cardiovasculares e carcinogênese. Além disso, apresentam grande potencial industrial (FRASER; BRAMLEY, 2004; SANDMANN, 2001).

O fruto cítrico é uma fonte importante de carotenóides, que mudam quantitativamente e qualitativamente entre as diferentes espécies e durante o desenvolvimento e maturação do fruto. A coloração características dos frutos coloridos (tangerinas e laranjas) se deve pela acumulação de carotenóides específicos, principalmente epóxi- e hidroxí-carotenóides, durante o processo de amadurecimento do fruto. Eles podem estar presentes, tornando-se visíveis com a degradação da clorofila ou serem sintetizados juntamente com a degradação dela.

2.1.3.3 Clorofilase

A enzima clorofilase (Chlase) (chlorophyllidohydrolase, EC 3.1.1.14) foi descoberta há quase 100 anos atrás por Willstätter e Stoll (1913), que sugeriu que a remoção do fitol poderia ser o primeiro passo no catabolismo da clorofila.

A degradação enzimática de clorofila em fitol e da divisão principal do anel porfirínico ocorre em quatro etapas consecutivas catalisada pela clorofilase, que recentemente foi demonstrado que essa enzima catalisa a etapa limitante na fotossíntese das folhas (HARPAZ-SAAD et al., 2007), pela magnésio dequelatase, pela pheophorbide oxigenase (PAO) e pela clorofila redutase (CCR) (ALÓS et al., 2006; JACOB-WILK et al., 1999; PRUZINSKA et al., 2003; TSUCHIYA et al., 1999), conforme figura 1.

Os frutos cítricos são classificados como não-climatéricas. No entanto, o papel de etileno durante o amadurecimento e, particularmente, a degradação da clorofila durante a quebra de cor nesses frutos ainda não está bem estabelecido (PURVIS; BARMORE, 1981; GOLDSCHMIDT; HUBERMAN; GOREN, 1993; PORAT et al, 1999). Tem sido observado que a aplicação de etileno aumenta drasticamente a velocidade da quebra de coloração verde dos frutos cítricos. Na verdade, em trabalhos anteriores ficou demonstrado que há correlação entre a degradação da clorofila e da expressão do gene Chlase gene que codifica em frutos tratados com etileno (JACOB-WILK et al., 1999), sugerindo que a regulação do catabolismo da clorofila ao nível da expressão do gene ocorra. No entanto, a expressão da Chlase não é aumentada durante o intervalo de alteração de cores de frutas não tratadas com etileno.

Além disso, não somente a quebra da clorofila é responsável pela coloração característica de frutos cítricos, mas também o aparecimento dos pigmentos carotenóides. O etileno estimula a síntese de carotenóides, como demonstram recentemente Matsumoto et al. (2009). Os autores verificaram incrementos significativos na síntese de carotenóides no flavedo de tangerinas 'Satsuma' submetidas à aplicação de etileno a 20°C.

Figura 1 – Modelo de enzimas envolvidas na degradação da clorofila em plantas superiores e estruturas químicas de clorofila (PARK et al., 2007)

2.1.4 Desverdecimento

Para se produzir frutos com coloração condizente com a qualidade interna, a técnica do desverdecimento tem sido utilizada, na qual a indesejável cor verde, em geral associada com a imaturidade é removida da casca do fruto cítrico internamente maduro. Trata-se de uma forma de acelerar o processo natural de coloração do fruto, conferindo-lhe um aspecto externo mais atraente para o consumidor que deseja em produto com qualidade total. O desverdecimento é uma operação de pós-colheita na qual o desaparecimento da clorofila da casca é acelerado e também são proporcionadas condições para a manifestação dos pigmentos carotenóides, cuja síntese também é aumentada pelo processo (JIMENEZ-CUESTA; CUQUERELLA; MARTÍNEZ-JÁVEGA, 1983).

Na prática, o desverdecimento consiste da exposição dos frutos ao etileno ou da aplicação de geradores de etileno. Uma vez executados em condições adequadas,

estes tratamentos aceleram a redução na coloração verde da casca e promovem o aparecimento das colorações típicas das variedades (MAZZUZ, 1996).

Segundo Cuquerella et al. (2004), as clorofilas se degradam paulatinamente ao sofrer um processo de oxidação enzimática, e simultaneamente e independente alguns carotenóides presentes inicialmente se transformam em outros e às vezes sintetizam outros, que dependendo da variedade podem ser mais ou menos intensa.

O etileno é considerado o hormônio do amadurecimento dos frutos climatéricos. Em determinado estágio do processo de maturação destes frutos, ocorre a produção auto-catalítica do etileno, o que desencadeia uma série de respostas fisiológicas, dentre elas o aumento da respiração, e conduz irreversivelmente ao amadurecimento e senescência (ABELES; MORGAN; SALTVEIT, 1992). Aplicações exógenas de etileno nestes frutos, pouco antes do incremento auto-catalítico, antecipam as respostas fisiológicas e podem aumentar a produção do hormônio (WATADA, 1986).

A aplicação de etileno ou geradores de etileno constitui operação comum para determinados frutos climatéricos, como banana, manga, abacate, tomates, entre outros, como forma de antecipar e uniformizar o amadurecimento (ABELES; MORGAN; SALTVEIT, 1992; CHITARRA; CHITARRA, 1984; GAYET et al., 1995; WATADA, 1986).

Em frutos não climatéricos, como as cítricas, o aumento auto-catalítico de etileno e o período climatérico da respiração não ocorrem. A aplicação exógena de etileno nestes frutos não antecipa o amadurecimento, mas promove incremento na taxa respiratória das mesmas (ABELES; MORGAN; SALTVEIT, 1992; GOLDSCHMIDT, 1997).

O efeito mais marcante do etileno em citros ocorre sobre coloração da epiderme, que passa de verde para amarela ou laranja, como resposta à aplicação do hormônio. Tem sido aceito que o etileno promove aumento na atividade das enzimas clorofilase e oxidases (SHIMOKAWA; SHIMADA; YAEI, 1978; YAMAUCHI et al., 1997), responsável pela degradação da clorofila e desaparecimento da cor verde, e estimula à carotenogênese, o que promove o aparecimento das cores amarela ou laranja (STEWART; WHEATON, 1972).

Wilk et al. (1999) observaram a degradação de clorofila com tratamento de etileno em laranja 'Valência'. Outros autores argumentam que a aplicação do etileno

também conduz à decomposição das giberelinas, responsáveis pela manutenção da coloração verde da fruta (GOLDSCHMIDT; GALILI, 1974; SCHECHTER; GOLDSCHMIDT; GALILI, 1989). Laamin et al. (2005) observaram que a inibição da produção de etileno, com a aplicação de um inibidor - 1-MCP (1-metilciclopropeno) - reduziu significativamente a mudança de cor da casca de tangerina 'Clementina', mantendo a coloração verde.

Entretanto, a heterogeneidade na cor dos frutos que entram na câmara de desverdecimento, pode levar a três situações distintas e que podem ocorrer simultaneamente. Na primeira, os frutos colhidos muito verdes não conseguem atingir a coloração necessária. Na segunda, os frutos colhidos mais amarelados conseguem atingir a coloração desejada. Na terceira, os frutos colhidos com cor mais adiantada passam a apresentar problemas fitossanitários, em vista da aceleração da senescência, como, por exemplo, a ocorrência de bolores, causados por *Penicillium* spp. e podridões, como a peduncular, causadas por *Lasiodiplodia theobromae* e *Phomopsis citri* (TUSET, 1987).

2.1.5 Métodos de desverdecimento

2.1.5.1 Desverdecimento antes da colheita

O desverdecimento dos citros pode ser realizado antes ou depois da colheita. Na fase de pré-colheita, a técnica consiste da pulverização com ethephon (ácido 2-cloroetilfosfônico), que é um regulador vegetal que ao entrar em contato com o tecido da fruta libera o etileno. O ethephon é aplicado no período de 2 a 4 semanas antes da colheita prevista, em concentrações que podem variar de 200 a 2.000 mg L⁻¹ (FISHER; MONSELISE, 1971; LIEGEOIS et al., 1994; PONS et al., 1994).

Os resultados obtidos com o ethephon em pré-colheita têm sido variados. A eficiência da aplicação deste produto depende de vários fatores: variedade, condições climáticas no momento da aplicação e no período posterior, características do solo e estado hídrico da planta (AGUSTÍ; ALMELA, 1991; CASAS; LLÁCER, 1989; MONSELISE, 1979). Adicionalmente, os tratamentos com ethephon, embora eficientes

no desverdecimento, podem causar queda de folhas e frutas (AGUSTÍ; ALMELA, 1991; PONS et al., 1994; YOUNG; JAHN, 1972). Com isso, essa técnica também deve estar associada à aplicação de produtos à base de cálcio, o que, por sua vez, pode diminuir a eficiência do regulador vegetal (LIEGEOIS et al., 1994).

O ethychlozate, conhecido comercialmente como Figaron, é outro regulador vegetal que pode ser aplicado antes da colheita de citros, visando melhorar a coloração dos frutos (CASAS; LLÁCER, 1989; LIEGEOIS et al., 1994; TOMINAGA; SAKURAI; KURAISHI, 1994).

2.1.5.2 Desverdecimento após a colheita

O ethephon também pode ser utilizado em pós-colheita, o que tem apresentado melhores respostas do que em pré-colheita, considerando que os fatores climáticos de aplicação pouco interferem nesta ocasião (AGUSTÍ; ALMELA, 1991). Consiste no tratamento dos frutos, por imersão ou pulverização, com solução contendo o fitormônio.

O desverdecimento induzido pela aplicação do ethephon é dependente da concentração utilizada, variedade e temperatura de manuseio dos frutos após o tratamento (JAHN, 1973).

Segundo Ritenour; Miller e Wardowski (2003), a degradação rápida da clorofila e a síntese de carotenóides ocorrem durante a exposição ao etileno na concentração de 5 a 10 $\mu\text{l L}^{-1}$, UR de 90 a 95% por 1 a 5 dias, em 20 a 22°C na Califórnia, ou em 28 a 29°C na Flórida.

Fuchs e Cohen (1969) observaram que o ethephon 1.000 mg L^{-1} provocou desverdecimento na casca dos citros em 7 dias à 17°C, enquanto que a concentração de 5.000 mg L^{-1} causou danos na casca de limões e retardamento do desverdecimento de tangerinas 'Clementina'. Para Jahn (1973), as concentrações entre 500 e 1.000 mg L^{-1} são mais eficientes para o desverdecimento do que concentrações entre 2.000 e 8.000 mg L^{-1} . Este autor verificou que com 8.000 mg L^{-1} a síntese de carotenóides foi inibida. A inibição da síntese de carotenóides também ocorre quando os frutos são colocadas à 30°C após o tratamento com ethephon (STEWART; WHEATON, 1972).

Ragone (1976) obteve rápido e total desverdecimento quando submeteu laranjas 'Valência' ao tratamento com 4.000 mg L^{-1} e manteve os frutos à 28°C e 60% UR. Por outro lado, El-Zeftawl (1978) considerou que laranjas 'Valência' devem ser manuseadas à 15°C após o tratamento com ethephon, para alcançar melhor coloração.

Abbas et al. (1984) trabalhando com laranjas 'Mahaley', verificaram que o tempo necessário para o fruto alcançar total coloração da variedade em temperatura de 20 a 22°C , variou com a concentração de ethephon aplicada. Com 1.000 mg L^{-1} , os autores obtiveram frutas totalmente desverdecidas no período de 10 dias, enquanto que com 2.000 mg L^{-1} , este período foi reduzido para 5 dias. Frutas não tratadas perderam a coloração verde em 20 dias.

A influência de duas temperaturas (25 e 30°C) foi testada por Castro; Ferreira e Yotsuyanagi (1991) no desverdecimento de tangor 'Murcott' tratadas com ethephon (250 a 2.000 mg L^{-1}) ou etileno ($10 \mu\text{L L}^{-1}$). As autoras verificaram que, em ambas as condições, a temperatura mais alta não foi eficiente no processo, pois causou escaldadura na casca dos frutos.

Nascimento e Medina (1994) verificaram que a maior síntese de carotenóides para laranjas 'Pera' ocorreu à 15°C , após o tratamento com ethephon 2.000 mg L^{-1} . Para laranjas 'Baianinha', as melhores concentrações de ethephon foram 2.000 e 4.000 mg L^{-1} , mantendo os frutos na mesma temperatura. A temperatura de 26°C não foi eficiente para o desverdecimento destes cultivares, independente da concentração de ethephon.

Em 'Kunquat' (*Fortunella margarita*), Mota et al. (1997) observaram que a concentração 1.000 mg L^{-1} de ethephon mostrou maior eficiência para o desverdecimento em frutos manuseados à 26°C por 5 dias. Verificaram também que o uso de cera (Stafresh) retardou a perda de clorofila, mas reduziu a perda de matéria fresca.

Domingues; Ono e Rodrigues (2001) observaram que a aplicação de 100 mg L^{-1} de ethephon em laranjas doces precoces (cultivares Hamlin e Baianinha), foi a mais viável para acelerar a mudança da coloração da casca, sem alterar a qualidade interna dos frutos. Já em limões 'Siciliano', a concentração estudada de etileno foi de $6 \mu\text{L L}^{-1}$ durante 4 dias (JACOMINO; MENDONÇA; KLUGE, 2003).

2.1.5.3 Desverdecimento em câmara

Durante o processo de desverdecimento em câmara, o fruto é submetido a uma série de condições externas que aceleram seus processos metabólicos. Dentre eles, o único desejado é a degradação da clorofila, o restante vai a detrimento da qualidade final do fruto influenciando desfavoravelmente o comportamento durante a comercialização. Portanto, é necessário ter um conhecimento claro dos efeitos produzidos por cada uma das condições exteriores, de tal forma que se obtenha a máxima coloração do fruto com um mínimo prejuízo no seu comportamento posterior.

Os fatores responsáveis na aceleração do processo de desverdecimento em câmara são (JIMENEZ-CUESTA; CUQUERELLA; MARTÍNEZ-JÁVEGA, 1983):

- **Etileno**

O etileno, em concentrações mínimas, atua sobre as membranas celulares incrementando sua permeabilidade de tal forma que permite a presença de enzimas nos sítios de reações. Como também promove o incremento da síntese dessas enzimas.

Concentrações de etileno inferiores a $10 \mu\text{L L}^{-1}$ já produzem um efeito considerável sobre o desverdecimento. Atualmente se recomenda não ultrapassar $10 \mu\text{L L}^{-1}$, pois maiores concentrações de etileno não produzem uma maior velocidade de desverdecimento e, pelo contrario, produzem uma aceleração de outros processos metabólicos indesejáveis, como aumento da respiração, dessecação e caído do cálice e amaciamento da casca.

- **Temperatura**

A velocidade de toda reação química é proporcional à temperatura. No caso de condições enzimáticas, existe uma temperatura ótima para que se tenha a máxima velocidade da reação. A temperatura ótima da degradação da clorofila está ao redor de 28°C ; a síntese de carotenóides em torno de 18°C ; e a respiração e outros processos indesejáveis estão próximo dos 40°C . A 30°C , a síntese de carotenóides paralisa

completamente e sua degradação é iniciada. A 40°C, a degradação de clorofila é paralisada.

– **Concentrações de CO₂ e O₂**

Durante o período de desverdecimento, há um aumento do processo metabólico do fruto, no processo respiratório, ou seja, aumento da produção de CO₂ e consumo de O₂, além da perda de água da casca dos frutos.

O CO₂ é um antagonista do etileno em todos os processos que este acelera, atuando como inibidor competitivo, de tal forma que sua acumulação produz uma diminuição de efeito produzido pelo etileno.

A necessidade da presença de O₂ se relaciona que tanto a respiração, como a degradação de clorofila e síntese de carotenóides, os quais são processos oxidativos. A queda da concentração de oxigênio acarreta na diminuição da degradação de clorofila, bem como a síntese de carotenóides, além de promover a respiração anaeróbica, a qual conduz a formação de compostos voláteis que comprometem o sabor e odor dos frutos.

– **Umidade**

A dessecação produzida nos tecidos da pele, como consequência da manutenção dos frutos em ambiente de baixa umidade, produz uma diminuição da textura. Além disso, aumenta a susceptibilidade para o aparecimento de alterações fisiológicas, que podem prejudicar a comercialização posterior dos frutos.

Portanto, é necessário procurar uma atmosfera em torno dos frutos que contenha quantidade suficiente de oxigênio e vapor de água, para minimizar os efeitos desfavoráveis produzidos pelo etileno e temperatura. É necessário manter a umidade elevada, próxima de 90-95%, acima disso acarreta em maior incidência de patógenos.

– **Renovação, circulação e velocidade do ar na câmara**

É necessário realizar a renovação do ar da câmara, pois se considerar a respiração dos frutos cítricos, em condições de 5 µL L⁻¹ de etileno e 25°C, oscila entre 30 a 40 cm³ de dióxido de carbono por kg de fruta por hora, a taxa de CO₂ fica acima de

25%, indesejável para o processo de desverdecimento, tendo necessidade de se renovar o ar a cada hora.

A importância da necessidade de circulação de ar entre os frutos se dá a fim de evitar a acumulação de calor e dos compostos voláteis procedentes do processo respiratório, além de proporcionar oxigênio suficiente para garantir uma respiração aeróbica. Porém, a velocidade do ar não pode ser excessiva, para não aumentar a transpiração e, como consequência, causar dessecação dos frutos.

As condições recomendadas para o desverdecimento apresentam grande variação de acordo com a região produtora. Assim, Agustí e Almela (1991) relatam que, na Espanha, o processo padrão de desverdecimento é realizado em câmara regulada para 20°C e 90% UR, injetando-se etileno (2 a 3 $\mu\text{L L}^{-1}$) e mantendo-se o nível de CO_2 abaixo de 0,1%.

Kader e Arpaia (1992) revelaram que na Califórnia (EUA), as condições ideais para o desverdecimento de laranjas e tangerinas são: 20-25°C; 90% UR; etileno em concentração de 5 a 10 $\mu\text{L L}^{-1}$ e 1 a 2 trocas de ar por hora ou suficiente para manter o nível de CO_2 abaixo de 0,1%.

Para as condições da Flórida (EUA), a faixa de temperatura utilizada tem sido 27-29°C, a concentração de etileno de 1 a 5 $\mu\text{L L}^{-1}$ e a umidade relativa acima de 85% (JAHN, 1973; KADER; ARPAIA, 1992).

A eficiência do desverdecimento realizado em câmara é dependente da espécie, variedade, concentração de etileno aplicada, temperatura e tempo de tratamento (JIMENEZ-CUESTA; CUQUERELLA; MARTÍNEZ-JÁVEGA, 1983; KNEE; TSANTILI; HATFIELD, 1988; MAZZUZ, 1996).

Hearn (1990) efetuando o desverdecimento de laranjas 'Ambersweet' com etileno a 5 $\mu\text{L L}^{-1}$ em câmara regulada para 29°C e 90-95% UR, verificou que os frutos perderam completamente a coloração verde em 57 horas.

Petracek e Montalvo (1997) trabalhando com tangerinas 'Fallglo', observaram que exposições ao etileno (5 $\mu\text{L L}^{-1}$) por 24 ou 48 horas, em temperatura de 29,5°C provocaram o desverdecimento dos frutos muito mais rapidamente do que exposições por 2 ou 6 horas.

Yamauchi et al. (1997) aplicaram o desverdecimento em tangerinas 'Wase Satsuma' com etileno $120 \mu\text{L L}^{-1}$ por 12 horas à 20°C . Os frutos tornaram-se amarelos após 1 dia do tratamento. No desverdecimento de tangerinas 'Robinson', Purvis e Barmore (1981) utilizaram etileno $7 \mu\text{L L}^{-1}$ à 27°C e 95% UR por períodos de 24, 48, 72 e 96 horas. Os autores verificaram que a taxa de degradação de clorofila foi maior com o aumento do período de exposição.

Mazzuz (1996) esclarece que o tempo de desverdecimento varia com a variedade, sendo que o mínimo necessário para o tratamento não deve ser inferior a 24 horas e o limite superior não deve exceder 120 horas. A mesma autora esclarece que a temperatura durante o tratamento deve estar entre 18 e 25°C , o que favorece a degradação da clorofila e a síntese de carotenóides. Temperaturas acima de 28°C , segundo Jimenez-Cuesta; Cuquerella e Martínez-Jávega (1983), não são indicadas, pois podem provocar manchas e sabores estranhos nos frutos.

Quanto à concentração de etileno, tem sido observada que a faixa entre 1 e $10 \mu\text{L L}^{-1}$ é a mais indicada para o desverdecimento das diferentes variedades cítricas (MAZZUZ, 1996). Concentração acima de $10 \mu\text{L L}^{-1}$ não é indicada por Jimenez-Cuesta; Cuquerella e Martínez-Jávega (1983), pois não aumenta a eficiência do processo e pode ser prejudicial às frutas.

Nos últimos anos tem se estudado o comportamento do desverdecimento em diversas variedades (CUQUERELLA; NAVARRO; SALVADOR, 1999; CUQUERELLA et al., 2003; CUQUERELLA et al., 2004; DOU et al., 2004; MARTÍNEZ-JÁVEGA et al., 1999; MARTÍNEZ-JÁVEGA et al., 2004; NAVARRO et al., 2000; NAVARRO et al., 2006; SALVADOR et al., 2003). Observou-se que a concentração e o tempo de exposição de etileno variam de variedade para variedade, nunca ultrapassando a concentração de $10,0 \mu\text{L L}^{-1}$ e tempo de exposição de 120 horas, para não alterar a qualidade interna dos frutos, além do amolecimento da casca e escurecimento do cálice. Cuquerella (1997) e Arpaia (1998) observaram que aplicações de etileno acima de $10,0 \mu\text{L L}^{-1}$ alteram os conteúdos de açúcar e acidez dos frutos.

Em laranja 'Pera', Oliveira et al. (2002) verificaram a eficácia da aplicação de etileno na concentração de $4 \mu\text{L L}^{-1}$, durante 3 dias.

2.2 Material e métodos

2.2.1 Local

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Fisiologia e Bioquímica Pós-colheita, do Departamento de Ciências Biológicas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ/USP, em Piracicaba, SP.

2.2.2 Variedades

Foram estudadas as condições de desverdecimento de tangor ‘Murcott’ e laranja ‘Valência’. A safra da variedade ‘Murcott’ ocorre entre os meses de junho a agosto, e ‘Valência’ entre outubro a dezembro.

Frutos de tangor ‘Murcott’ foram colhidos em área comercial do município de Engenheiro Coelho (22° 28’ 49” S - 47° 13’ 05” W) e de laranja ‘Valência’ no município de Anhembi (22° 45’ 36” S - 48° 10’ 48” W), ambas do estado de São Paulo, localizadas no clima tropical Cfa (sempre úmido, verão quente).

Após a colheita, foram imediatamente transportados para o laboratório e submetidos à rigorosa seleção visando obter um lote uniforme, composto de frutos de tamanho médio, sem defeitos, e apresentando estágio de maturação em que a casca apresenta-se com quebra de coloração verde (“color break”), com índice de cor entre –7 e –2. Os frutos foram lavados em água corrente com detergente e secados ao ar livre.

2.2.3 Descrição dos experimentos

Os experimentos foram divididos em grupos e executados de maneira seqüencial, conforme descrito a seguir:

2.2.3.1 Experimento 1 – Desverdecimento com ethephon

Neste trabalho, diferentes concentrações de ethephon (ácido 2-cloroetilfosfônico) foram aplicadas nos frutos, com o objetivo de identificar a concentração do fitorregulador mais apropriada para o desverdecimento.

Os seguintes tratamentos foram aplicados: T1 – 0 mg L⁻¹ (imersão somente em água); T2 – 250 mg L⁻¹; T3 – 500 mg L⁻¹; T4 – 1000 mg L⁻¹; T5 – 2000 mg L⁻¹; T6 – 4000 mg L⁻¹ e T7 – 8000 mg L⁻¹ de ethephon.

Após o tratamento, os frutos foram colocados sob duas temperaturas: 15 e 25°C e avaliados após 3 dias.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente ao acaso, em fatorial 7 x 2 (sete concentrações de ethephon e duas temperaturas de armazenamento). Foram utilizadas quatro repetições de 10 frutos por parcela.

2.2.3.2 Experimento 2 – Estudo de temperatura e tempo de desverdecimento em câmara

Este experimento teve como objetivo verificar os efeitos de diferentes temperaturas e tempos de exposição ao etileno no desverdecimento das variedades em questão, sendo fixado a concentração de etileno aplicada.

Os frutos foram acondicionados em câmaras reguladas com distintas temperaturas, efetuando-se o desverdecimento com 0,5 L m⁻³ de etileno (5 µL L⁻¹).

Foram testadas 4 temperaturas: 15; 20; 25 e 30°C e 5 tempos de desverdecimento: 24, 48, 72, 96 e 120 horas. Os frutos foram analisados imediatamente antes de ingressarem na câmara (caracterização) e imediatamente após sua retirada da mesma.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente ao acaso, em fatorial 4 x 5 (quatro temperaturas e cinco tempos de desverdecimento), com quatro repetições de 10 frutos por parcela.

2.2.3.3 Experimento 3 – Estudo do tempo e concentração de etileno para o desverdecimento em câmara

Neste experimento, a melhor temperatura de desverdecimento obtida no segundo experimento foi fixada, e foram variados o tempo e a concentração de etileno para o desverdecimento.

Utilizaram-se 5 tempos de exposição ao etileno: 24, 48, 72, 96 e 120 horas, e 4 concentrações de etileno em câmaras: 0,25; 0,5; 0,75 e 1,0 L m⁻³ (2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 µL L⁻¹, respectivamente). Os frutos foram analisados imediatamente antes de ingressarem na câmara e imediatamente após sua retirada da mesma.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente ao acaso, em fatorial 5 x 4 (cinco tempos de exposição e quatro concentrações de etileno), com quatro repetições de 10 frutos por parcela.

2.2.3.4 Experimento 4 – Estudo da temperatura e concentração de etileno para o desverdecimento em câmara

Neste trabalho, o melhor tempo de desverdecimento obtido no experimento 3 foi fixado e variou-se a temperatura e a concentração de etileno.

Utilizou-se 4 temperaturas de desverdecimento: 15, 20, 25 e 30°C, e 4 concentrações de etileno em câmaras: 0,25; 0,5; 0,75 e 1,0 L m⁻³ (2,5; 5,0; 7,5 e 10,0 µL L⁻¹, respectivamente). Os frutos foram analisados imediatamente antes de ingressarem na câmara e imediatamente após sua retirada da mesma.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente ao acaso, em fatorial 4 x 4 (quatro temperaturas e quatro concentrações de etileno), com quatro repetições de 10 frutos por parcela.

2.2.3.5 Experimento 5 – Avaliação dos melhores tratamentos combinados de temperatura, tempo e concentração de etileno

Os melhores resultados encontrados nos experimentos 2, 3 e 4 foram comparados entre si, como forma de confirmar as condições de temperatura, tempo e concentração de etileno mais adequadas para o desverdecimento.

Os frutos foram analisados imediatamente antes de ingressarem na câmara, imediatamente após sua retirada da mesma, e após 3 dias a 25°C, simulando comercialização.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente ao acaso, em fatorial 5 x 3 (cinco tratamentos e três períodos de avaliação). Foram utilizadas quatro repetições de 10 frutos por parcela.

2.2.3.6 Experimento 6 – Conservação refrigerada após desverdecimento com ethephon

Após verificar as melhores concentrações de ethephon no desverdecimento (Experimento 1), realizou-se um experimento visando avaliar a conservação pós-colheita dos frutos desverdecidos com este regulador vegetal.

O desverdecimento foi realizado em condições pré-definidas e após o desverdecimento, os frutos foram armazenados a 5°C e 90% UR por período de 30 dias, para simular a exportação. Os frutos foram analisados após a refrigeração e depois de 3 dias a 25°C e 80% UR, simulando a comercialização.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente ao acaso, em fatorial 5 x 3 (cinco tratamentos e três períodos de avaliação). Foram utilizadas quatro repetições de 10 frutos por parcela.

2.2.3.7 Experimento 7 – Conservação refrigerada após desverdecimento em câmara

Após confirmar as melhores condições de desverdecimento em câmara para cada variedade em questão, realizou-se um experimento visando avaliar a conservação refrigerada pós-colheita dos frutos desverdecidos.

O desverdecimento foi realizado em condições pré-definidas nos experimentos anteriores e após o desverdecimento, os frutos foram armazenados a 5°C e 90% UR por período de 30 dias, para simular a exportação. Os frutos foram analisados após a refrigeração e depois de 3 dias a 25°C e 80% UR, simulando a comercialização no exterior.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente ao acaso, em fatorial 5 x 4 (5 tratamentos x 4 tempos de avaliação). Foram utilizadas quatro repetições de 10 frutos por parcela.

2.2.3.8 Experimento 8 – Desverdecimento após a conservação refrigerada

Um experimento foi realizado procurando identificar os efeitos da refrigeração antes do desverdecimento com etileno em câmara.

Os frutos com quebra de coloração verde e IC entre -7 e -2 foram colocadas sob refrigeração (5°C) por períodos de 30 dias e, após foi realizado o desverdecimento em câmara (conforme resultados do experimento 5).

Os frutos foram avaliados antes de ingressarem no armazenamento refrigerado (caracterização), logo após a retirada da refrigeração, após o total desverdecimento e após 3 dias simulando comercialização.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente ao acaso, em fatorial 3 x 4 (3 tratamentos e 4 períodos de avaliação). Foram utilizadas quatro repetições de 10 frutos por parcela.

2.2.4 Procedimentos gerais

Na aplicação de ethephon foi utilizado o produto comercial Ethrel® (i.a. 24% m/v) e foi realizada pelo método de imersão, por 3 minutos juntamente com adjuvante 0,1% de Tween 20.

A aplicação de etileno em câmara foi feita através do produto Etil-5® que contém 5% de etileno e 95% de nitrogênio. Foi feita em câmaras herméticas com capacidade de 187 litros, com monitoramento de etileno, utilizando absorvedores de CO₂. Além disso, a umidade relativa foi controlada ficando em torno de 90% (Figura 2).

Nos tratamentos que envolveram a colocação dos frutos em condições ambientais, foi utilizado um recinto apropriado, com temperatura ambiente entre 24 e 25°C e UR entre 60 e 70%.

Figura 2 – Câmaras herméticas utilizadas para aplicação de etileno

2.2.5 Avaliações

As seguintes variáveis foram analisadas:

a) Coloração da casca

Utilizou-se o colorímetro (MINOLTA CHROMA METER CR-300), determinando-se os valores de L, a, b; onde se determinou o índice de cor (IC) pela fórmula: $IC = (1000 \times a) / (L \times b)$, em que L é a luminosidade, a é a variação entre a cor verde e vermelha e o b a variação entre a cor azul e a amarela.

O índice de cor é um método de avaliação para identificar numa escala de -20 a +20 a coloração da casca de frutos (Figura 3). Quanto mais negativo, mais verde, e quanto mais positivo, mais alaranjado está o fruto. O valor -20 representa a cor verde, +20 a cor vermelha e o valor zero representa a cor amarela (JIMENENEZ-CUESTA; CUQUERELLA; MARTÍNEZ-JÁVEGA, 1983).

Figura 3 – Ilustração da graduação do índice de cor (Fonte: SPÓSITO; JULIANETTI; BARBASSO, 2006)

Foram realizadas 4 leituras em cada fruto, sendo que para tangor 'Murcott' foi analisada a região do pedúnculo e equatorial, e para laranja 'Valência' somente a região equatorial;

b) Teor de sólidos solúveis

Foi medido através de um refratômetro de mesa (ATAGO), sendo realizada a leitura em °Brix e correção para 20°C, conforme metodologia de Ting; Rouseff (1986);

c) Acidez titulável

Foi determinada por titulação potenciométrica, com NaOH 0,1 N até pH 8,10, segundo metodologia indicada pelo Instituto Nacional de Tecnologia Industrial (1987). Os resultados foram expressos em % de ácido cítrico;

d) "Ratio"

A relação entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável foi calculada pela divisão entre os dois constituintes;

e) Teor de ácido ascórbico

Foi determinado por titulometria, segundo metodologia de Carvalho et al. (1990). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 g de suco;

f) Porcentagem de suco

Para cada repetição foram pesados os frutos e o suco extraído dos mesmos. A porcentagem de suco foi calculada através da fórmula: $\% \text{ de suco} = (PS/PF) \times 100$, onde PS = peso do suco (g) e PF = peso do fruto (g);

A partir do experimento 5 foram também analisadas as seguintes variáveis:

g) Taxa respiratória

Para a determinação da taxa respiratória, utilizou-se 4 frutos por frasco de vidro com capacidade de 1000 mL, permanecendo hermeticamente fechados por períodos de 1 hora. Em cada tampa dos frascos havia um septo de silicone através do qual foi retirada a amostra de gás. Com uma seringa de vidro de 1 mL injetou-se uma amostra de cada frasco em cromatógrafo a gás (ThermoFinnigan, Trace 2000 GC) com detector de ionização de chama (FID), tendo hidrogênio como gás de arraste a um fluxo de 25 mL minuto⁻¹. As temperaturas utilizadas foram de 80°C na coluna, 100°C no injetor, 250°C no detector e 350°C no metanador. Os resultados expressos em ppm de CO₂ foram transformados para % de CO₂ e utilizados para o cálculo da taxa respiratória, sendo levado em conta o volume livre do frasco, o tempo que o mesmo permaneceu fechado e a massa das frutas. Os resultados foram expressos em mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹;

h) Produção de etileno

Os procedimentos para determinação da taxa de produção de etileno foram semelhantes aquele utilizado para a determinação da taxa respiratória, no que se refere à coleta da amostra de gás, porém as amostras permanecerão fechadas por um período de 2 horas. A amostra injetada em cromatógrafo a gás (ThermoFinnigan, Trace 2000 GC) com detector de ionização de chama (FID), tendo hidrogênio como gás de arraste a um fluxo de 25 mL minuto⁻¹. As temperaturas da coluna, injetor e detector foram de 80°C, 100°C e 100°C, respectivamente. Os resultados foram expressos em µL C₂H₄ kg⁻¹ h⁻¹;

i) Teores de Acetaldeído e etanol

O acetaldeído e etanol foram determinados conforme adaptação da metodologia descrita por Davis e Chace Junior (1969), onde 1 g do suco do fruto cítrico foi lacrado em frasco de vidro de 40 mL, e mantidos em freezer a -18°C até o momento da análise. Para análise, foram inicialmente injetadas, em cromatógrafo a gás, soluções padrão de

etanol e acetaldeído, para a determinação da reta padrão. Os padrões de etanol foram preparados conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Pontos para a determinação da reta padrão de etanol

Pontos	g de etanol	H ₂ O deionizada (mL)
1	0,02	200
2	0,06	200
3	0,14	200
4	0,30	200
5	0,60	200

Para o preparo dos padrões de acetaldeído, pesou-se 0,085g de acetaldeído, em 400 mL de água. Desta solução estoque, foram transferidas para balões volumétricos as seguintes quantidades: 2,5 mL para um balão de 100 mL; 5 mL para um balão de 100 mL; 10 mL para um balão de 100 mL; 15 mL para um balão de 100 mL; 20 mL para um balão de 100 mL. O volume foi completado com água deionizada e, de cada uma das diluições, transferiu-se 1 mL para o frasco de vidro, lacrou-se e o mesmo procedimento foi seguido conforme descrito anteriormente.

Após o preparo destas soluções, uma alíquota de 1 mL foi transferida para os frascos de vidro, os quais foram lacrados e mantidos em banho-maria a 50°C por 30 minutos. Após este tempo, coletou-se 0,5 mL do frasco e injetou-se no cromatógrafo a gás equipado com detector de ionização de chama (FID) e coluna Porapack N de 1,8 m, para estabelecimento da curva padrão. As configurações do cromatógrafo foram: 140°C durante 8 minutos. Após esse tempo, aumento de 20°C a cada minuto até atingir 180°C, ficando nesta temperatura por 4 minutos para limpeza da coluna; injetor: 150°C; detector: 180°C; pressão: 190 KPa (constante) e fluxo de N₂ de 70 mL min⁻¹.

As áreas dos picos em cada ponto da reta de cada um dos gases foi anotada.

Para análise das amostras dos frutos, as amostras congeladas foram colocadas em banho-maria a 50°C por 30 minutos. Decorrido esse tempo, 0,5 mL dos frascos foi coletado com uma seringa de 1,0 mL e injetada no cromatógrafo. Os teores de

acetaldeído e etanol das amostras foram calculados correlacionando as respectivas áreas cromatográficas com aquelas obtidas nas curvas padrões. Os resultados foram expressos em μL de acetaldeído ou etanol por litro de material vegetal;

j) Teor de clorofila total

Um grama da amostra da casca de citros foi triturada e adicionado 10 mL de acetona 80% e depois centrifugada por 15 minutos na velocidade de $12000 \times g$ a 4°C . Logo após, foi feita a leitura em espectrofotômetro a 645 e 663 nm. O teor de clorofila foi determinado a partir da equação abaixo (LICHTENTHALER, 1983):

$$\text{Cl total} = 7,15 A_{663} + 18,71 A_{645}$$

Onde A_{645} = absorbância a 645 nm e A_{663} = absorbância a 663 nm;

Resultados foram expressos em mg g^{-1} ;

k) Teor de carotenóides

Um grama da amostra da casca de citros foi triturada e adicionado 10 mL de acetona 80% e depois centrifugada por 15 minutos na velocidade de $12000 \times g$ a 4°C . Logo após, foi feita a leitura em espectrofotômetro a 470, 650 e 663 nm. O teor de carotenóide foi determinado a partir da equação abaixo (LICHTENTHALER, 1983):

$$\text{Carot} = \frac{1000 A_{470} - 1,82 (12,25 A_{663} - 2,79 A_{645}) - 85,02(21,50 A_{645} - 5,10 A_{663})}{198}$$

Onde A_{470} = absorbância a 470 nm, A_{645} = absorbância a 645 nm e A_{663} = absorbância a 663 nm;

Resultados foram expressos em mg g^{-1} ;

l) Atividade da enzima clorofilase

Foi adaptado da metodologia de Yamauchi; Hashinaga e Itoo (1991). Cascas de citros foram devidamente congeladas em freezer a -18°C e trituradas em nitrogênio líquido. Após a obtenção do macerado, 1 g desse material foi filtrado com acetona 100% até a total remoção dos pigmentos e separando-se o pó cetônico.

- extrato enzimático: 50 mg do pó cetônico da casca de citrus, com 10 mL de tampão fosfato de potássio 5 mM (pH 7,0), contendo 50 mM KCl e 0,24% Triton X-100

foi mantido por uma hora a 8°C. A mistura foi centrifugada a velocidade de 12000 x g por 15 minutos e o sobrenadante foi utilizado como extrato para a atividade;

- atividade de clorofilase: a reação contendo 0,1 mL do extrato da enzima, 0,1 mL de 2,64% Triton X-100, 0,12 mL de solução de clorofila em acetona e 1,0 mL de 100 mM de tampão fosfato de potássio (pH 7,0) foi misturada e incubada em banho-maria a 25°C por 20 minutos. Após esse período, foi adicionado 4 mL de acetona e 4 mL de hexano, e realizada a leitura em espectrofotômetro a 663nm. A atividade foi baseada no decréscimo da absorbância de clorofila a por um minuto. Uma unidade de atividade enzimática foi definida pela mudança de 0,01 na absorbância por minuto.

O conteúdo de proteínas foi determinado pela metodologia de Bradford (1976), utilizando solução de BSA (Serum Albumine Bovina) para curva padrão.

2.2.6 Análise dos resultados

Os resultados experimentais obtidos da qualidade interna foram submetidos à análise de variância pelo teste F e comparação de médias pelo teste de Tukey (5%) para fator qualitativo (tratamentos) pelo programa estatístico SANEST. Para as outras avaliações, os resultados obtidos foram submetidos à análise da diferença mínima significativa em teste de comparações múltiplas, onde as diferenças entre dois tratamentos maiores que a soma de dois erros padrões foram consideradas significativas a 5% de probabilidade (SHAMAILA; POWRIE; SKURA, 1992).

2.3 Resultados e discussão

2.3.1 Experimento 1 – Desverdecimento com ethephon

De modo geral, observou-se que a aplicação de ethephon incrementou o índice de cor dos frutos de tangor 'Murcott' (Figura 4) e de laranja 'Valência' (Figura 5). Isso pode ser explicado pelo fato da aplicação de etileno, na forma de ethephon, ser capaz de estimular a degradação de clorofila através do aumento na atividade da clorofilase (KORBAN, 1998).

Observaram-se algumas variações conforme a temperatura e a concentração do ethephon sobre índice de cor dos frutos. De fato, Jahn (1973) esclarece que o desverdecimento induzido pela aplicação do ethephon é dependente da concentração utilizada, variedade e temperatura de manuseio dos frutos.

O valor inicial do índice de cor da região do pedúnculo de 'Murcott' foi de -5,46, evidenciando a coloração verde. Após os tratamentos com diferentes concentrações de ethephon houve incremento do índice de cor, sendo que a concentração de 500 mg L⁻¹ a 25°C promoveu o aumento desse índice para 0,08, caracterizando uma cor amarela (Figura 4A). Na região equatorial, o valor inicial foi de -1,97, chegando a um valor máximo de 2,97 (Figura 5B).

Para a laranja 'Valência', o valor inicial do índice de cor da região equatorial foi de -5,53, alcançando valor máximo de -1,58, evidenciando, para essa variedade, que o ethephon não teve o mesmo efeito que para tangor 'Murcott'. Sabe-se que diferentes cultivares podem responder distintamente ao ethephon, possivelmente devido às diferenças nas suas exigências ou à capacidade do fruto reagir à aplicação desse produto (JAHN, 1973).

Observou-se também que concentrações acima de 500 mg L⁻¹ não promoveram aumento no índice de cor. Nascimento e Medina (1994) também observaram que concentrações superiores a 1000 mg L⁻¹ de ethephon tiveram efeito inibitório, não incrementando a coloração do fruto. Jahn (1973) verificou que com 8000 mg L⁻¹ de ethephon, não ocorreu o desverdecimento devido ao fato da síntese de carotenóides ter sido bloqueada.

Em contrapartida, resultados obtidos por Domingues; Ono e Rodrigues (2001), sugeriram que a aplicação de ethephon 1000 mg L⁻¹, em pós-colheita de laranjas 'Hamlin' e 'Baianinha', foi a mais adequada para acelerar a mudança da coloração da casca.

Para as duas variedades, a melhor concentração de ethephon foi de 500 mg L⁻¹. OH et al. (1979), trabalhando com tangerinas 'Satsuma', obtiveram resultados semelhantes nessa concentração. Castro; Ferreira e Yotsuyanagi (1991), também trabalhando com tangores 'Murcott', observaram não haver diferença entre as concentrações de 250 e 500 mg L⁻¹ de ethephon.

Foi observada pouca diferença entre as temperaturas de 15 e 25°C para tangor 'Murcott'. Já para laranja 'Valência' a temperatura de 25°C proporcionou maior índice de cor. Nesta temperatura, além do desverdecimento ser mais rápido, foi possível observar que os frutos tratados com ethephon tiveram uma melhoria na coloração em comparação com os frutos do controle. Gilfillan et al. (1984) recomenda que a temperatura de desverdecimento dos frutos deve ser de 18°C ou superior (máximo de 30°C) para que o tratamento seja efetivo.

Figura 4 – Efeito da aplicação de ethephon no índice de cor da região do pedúnculo (A) e região equatorial (B) de tanger 'Murcott' em diferentes tratamentos. As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Figura 5 – Efeito da aplicação de ethephon no índice de cor da região equatorial de laranja ‘Valência’ em diferentes tratamentos. As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Nas tabelas 2 e 3 estão apresentados os dados da qualidade interna dos frutos de tanger ‘Murcott’ e laranja ‘Valência’, respectivamente.

Não foi observado diferença nos teores de sólidos solúveis, acidez titulável e “Ratio” em relação às diferentes concentrações de ethephon e temperaturas de armazenamento. Domingues; Ono e Rodrigues (2001) também demonstraram que a aplicação de ethephon não interferiu na qualidade interna dos frutos de laranjas ‘Hamlin’ e ‘Baianinha’.

Também não foram verificadas modificações significativas para a porcentagem de suco e teor de ácido ascórbico em função dos tratamentos. Fisher e Monselise (1971) verificaram que o ethephon acelera a degradação da clorofila da casca de tangerina ‘Shamouti’, porém não afeta a qualidade interna do fruto.

Tabela 2 – Qualidade interna dos frutos de tangor ‘Murcott’ tratados com diferentes concentrações de ethephon e temperaturas¹

Concentração de Ethephon (mg L ⁻¹)	Teor de sólidos solúveis (°Brix) Temperatura (°C)			Acidez titulável (% ácido cítrico) Temperatura (°C)		
	15	25	Média	15	25	Média
0	11,35	11,13	11,24 a	0,84	0,96	0,90 a
250	11,35	11,95	11,65 a	0,95	0,85	0,90 a
500	10,70	11,90	11,30 a	0,95	0,77	0,86 a
1000	11,05	10,90	10,98 a	0,95	0,87	0,91 a
2000	11,18	11,85	11,51 a	0,97	0,93	0,95 a
4000	10,88	11,43	11,15 a	0,78	0,99	0,89 a
8000	10,85	11,80	11,33 a	0,88	0,95	0,92 a
Médias	11,05 A	11,56 A		0,90 A	0,90 A	
C.V. (%)	3,62			10,11		
	“Ratio” (SST/AT) Temperatura (°C)			Porcentagem de suco (%) Temperatura (°C)		
	15	25	Média	15	25	Média
0	13,53	11,64	12,58 a	46,58	49,14	47,86 a
250	12,24	14,35	13,30 a	46,58	49,95	48,26 a
500	11,28	15,58	13,43 a	45,19	49,99	47,59 a
1000	11,71	12,55	12,13 a	47,85	50,27	49,06 a
2000	11,61	12,76	12,18 a	48,58	50,44	49,51 a
4000	14,07	11,55	12,81 a	45,56	47,87	46,72 a
8000	12,51	12,47	12,49 a	48,97	49,14	49,05 a
Médias	12,42 A	12,99 A		47,04 A	49,54 A	
C.V. (%)	10,84			7,85		
	Ácido ascórbico (mg 100 mL ⁻¹ suco) Temperatura (°C)					
	15	25	Média			
0	21,00	22,50	21,75 a			
250	24,13	22,84	23,49 a			
500	22,19	20,72	21,46 a			
1000	21,37	21,20	21,29 a			
2000	21,34	21,73	21,54 a			
4000	20,55	21,09	20,82 a			
8000	19,81	22,74	21,28 a			
Médias	21,48 A	21,83 A				
C.V. (%)	9,10					

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Tabela 3 – Qualidade interna dos frutos de laranja ‘Valência’ tratados com diferentes concentrações de ethephon e temperaturas¹

Concentração de Ethephon (mg L ⁻¹)	Teor de sólidos solúveis (°Brix) Temperatura (°C)			Acidez titulável (% ácido cítrico) Temperatura (°C)		
	15	25	Média	15	25	Média
0	10,93	9,90	10,41 a	1,25	1,24	1,25 a
250	11,20	10,78	10,99 a	1,30	1,24	1,27 a
500	10,90	10,13	10,51 a	1,31	1,20	1,26 a
1000	10,80	10,28	10,54 a	1,28	1,25	1,27 a
2000	10,63	9,98	10,30 a	1,21	1,10	1,16 a
4000	10,80	10,33	10,56 a	1,31	1,19	1,25 a
8000	11,40	10,40	10,90 a	1,37	1,18	1,28 a
Médias	10,95 A	10,25 A		1,29 A	1,20 A	
C.V.	4,82			5,00		
	“Ratio” (SST/AT) Temperatura (°C)			Porcentagem de suco (%) Temperatura (°C)		
	15	25	Média	15	25	Média
0	8,73	8,01	8,37 a	51,54	47,24	49,39 a
250	8,61	8,71	8,66 a	52,92	49,97	51,45 a
500	8,34	8,45	8,40 a	50,66	50,15	50,41 a
1000	8,43	8,22	8,33 a	50,28	50,46	50,37 a
2000	8,82	9,06	8,94 a	49,69	50,54	50,11 a
4000	8,22	8,68	8,45 a	51,75	50,43	51,09 a
8000	8,30	8,79	8,55 a	50,38	50,17	50,28 a
Médias	8,49 A	8,56 A		51,03 A	49,85 A	
C.V. (%)	5,28			6,22		
	Ácido ascórbico (mg 100 mL ⁻¹ suco) Temperatura (°C)					
	15	25	Média			
0	48,15	45,03	46,59 a			
250	47,47	43,67	45,57 a			
500	45,25	44,94	45,10 a			
1000	46,76	44,09	45,43 a			
2000	43,53	44,29	43,91 b			
4000	43,99	43,1	43,55 b			
8000	47,93	43,48	45,71 a			
Médias	46,15 A	44,09 A				
C.V. (%)	4,24					

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

2.3.2 Experimento 2 – Estudo de temperatura e tempo de desverdecimento

Foi observada a evolução do índice de cor de tangor 'Murcott' (Figura 6) e de laranja 'Valência' (Figura 7), ao longo do tempo de exposição ao etileno. A região do pedúnculo de 'Murcott' atingiu a coloração alaranjada, tendo havido diferenças entre as temperaturas (Figura 6A). Verificou-se que as melhores temperaturas foram de 20 e 25°C, enquanto que as outras temperaturas não foram tão eficientes, principalmente a 30°C. Já para a laranja 'Valência', a temperatura menos eficiente foi a 15°C.

Sabe-se que a temperatura tem papel fundamental nas reações químicas. No processo de desverdecimento, as principais reações que ocorrem são a degradação da clorofila e síntese de carotenóides, porém cada reação tem sua própria temperatura ótima. Para a degradação da clorofila é em torno de 28°C e para síntese de carotenóides é de 18°C. Um correto desverdecimento deve compatibilizar simultaneamente os dois processos, sendo, então, essa faixa ideal de temperatura entre 18 a 25°C, confirmando dados apresentados nesse trabalho. Em temperaturas próximas de 30°C têm-se a rápida degradação da clorofila, porém a síntese de carotenóides é nula, resultando em um fruto com coloração amarelo-pálido. Ao contrário, a 15°C, demoraria a ocorrer a mudança de cor, pois teria lenta degradação da clorofila (RODRIGO, 2003).

Outro ponto relevante é que a utilização de temperaturas acima de 28°C podem provocar manchas e sabores desagradáveis nos frutos (JIMENEZ-CUESTA; CUQUERELLA; MARTÍNEZ-JÁVEGA, 1983) e aumentam o metabolismo acelerando a senescência e consequentemente reduzindo a vida pós-colheita.

O índice de cor dos frutos de 'Murcott' aumentou conforme o aumento do tempo de exposição ao etileno (Figura 6). Resultados semelhantes foram obtidos por Smilanick; Mansour e Sorenson (2006), que evidenciaram que a manutenção dos frutos ao etileno por até 120 horas melhora a coloração da casca, porém, consideraram esse tempo inviável, devido à susceptibilidade a patógenos.

Em tangerinas 'Robinson', Purvis e Barmore (1981) utilizaram etileno 0,7 L m⁻³ a 27°C por períodos de 24, 48, 72 e 96 horas. Verificaram que a intensidade do

desverdecimento dos frutos foi proporcional ao aumento do período de exposição, devido à maior degradação da clorofila.

Figura 6 – Efeito da aplicação de etileno ($0,5 \text{ L m}^{-3}$) no índice de cor da região do pedúnculo (A) e região equatorial (B) de tangor 'Murcott' em diferentes temperaturas e tempos de exposição. As barras verticais representam o erro padrão da média ($n=4$)

Figura 7 – Efeito da aplicação de etileno ($0,5 \text{ L m}^{-3}$) no índice de cor da região equatorial de laranja 'Valência' em diferentes temperaturas e tempos de exposição. As barras verticais representam o erro padrão da média ($n=4$)

Nesse experimento foi observado que os frutos de laranja 'Valência' tiveram maior influência do efeito da temperatura no desverdecimento, e que o tempo de exposição dos frutos não acarretou grandes mudanças no índice de cor dos frutos (Figura 7). Segundo Mazzuz (1996), o tempo de desverdecimento varia com a variedade, sendo que o mínimo necessário para o tratamento não deve ser inferior a 24 horas e o máximo não deve exceder a 120 horas.

Como esperado, não foram observadas diferenças significativas para a qualidade interna dos frutos em função dos tratamentos (Tabelas 4 e 5).

O fato dos frutos cítricos serem considerados não climatéricos, justifica estes resultados, pois este padrão respiratório implica em poucas alterações na maioria das características físico-químicas dos frutos, mesmo com aplicação de etileno exógeno (BRADY, 1987).

Sabe-se que o "Ratio", também denominado índice de maturidade, é um atributo de qualidade importante para os frutos cítricos, sendo que o valor ideal para laranjas é

acima de 6 e para tangerinas acima de 7 (SALVADOR et al., 2002). No presente trabalho, observa-se que os valores obtidos foram superiores a esses valores.

Tabela 4 – Qualidade interna dos frutos de tangor ‘Murcott’ tratados com diferentes tempos de exposição ao etileno e temperaturas¹

Tempo de exposição (horas)	Teor de sólidos solúveis (°Brix)					Acidez titulável (% ácido cítrico)				
	Temperatura (°C)					Temperatura (°C)				
	15	20	25	30	Média	15	20	25	30	Média
0	10,33	10,33	10,33	10,33	10,33 a	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60 a
24	10,18	11,18	10,35	10,33	10,51 a	0,65	0,67	0,61	0,58	0,63 a
48	10,08	10,48	10,08	10,18	10,20 a	0,65	0,84	0,66	0,62	0,69 a
72	10,25	10,38	10,43	10,85	10,48 a	0,68	0,63	0,61	0,63	0,64 a
96	10,50	10,78	10,08	10,53	10,47 a	0,66	0,64	0,61	0,80	0,68 a
120	10,33	10,83	10,50	10,55	10,55 a	0,66	0,75	0,65	0,71	0,69 a
Médias	10,28 A	10,66 A	10,29 A	10,46 A		0,65 A	0,69 A	0,63 A	0,66 A	
C.V. (%)	3,34					10,06				
	“Ratio” (SST/AT)					Porcentagem de suco (%)				
	Temperatura (°C)					Temperatura (°C)				
	15	20	25	30	Média	15	20	25	30	Média
0	17,22	17,22	17,22	17,22	17,22 a	47,04	47,04	47,04	47,04	47,04 a
24	15,82	16,95	16,86	17,84	16,87 a	47,85	47,85	48,78	45,46	47,48 a
48	15,58	12,70	15,30	16,41	15,00 a	46,54	49,61	47,11	47,28	47,63 a
72	15,38	16,72	17,31	17,23	16,66 a	47,52	46,64	46,47	47,57	47,05 a
96	16,04	16,84	16,53	13,29	16,67 a	52,30	47,25	50,78	46,75	49,27 a
120	15,55	14,52	16,13	15,10	15,33 a	49,76	46,90	49,12	45,20	47,75 a
Médias	15,93 A	15,83 A	16,56 A	16,18 A		48,50 A	47,55 A	48,22 A	46,55 A	
C.V. (%)	8,76					5,90				
	Ácido ascórbico (mg 100 mL ⁻¹ suco)									
	Temperatura (°C)									
	15	20	25	30	Média					
0	20,07	20,07	20,07	20,07	20,07 a					
24	20,86	18,00	20,34	17,52	19,18 a					
48	20,02	18,98	21,84	19,50	20,09a					
72	18,62	18,33	18,38	18,33	18,41 a					
96	19,83	20,21	18,54	20,21	19,70 a					
120	19,26	17,52	18,45	17,23	18,12 a					
Médias	19,78 A	18,85 A	19,60 A	18,81 A						
C.V. (%)	5,22									

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Tabela 5 – Qualidade interna dos frutos de laranja ‘Valência’ tratados com diferentes tempos de exposição ao etileno e temperaturas¹

Tempo de exposição (horas)	Teor de sólidos solúveis (°Brix)					Acidez titulável (% ácido cítrico)				
	Temperatura (°C)					Temperatura (°C)				
	15	20	25	30	Média	15	20	25	30	Média
0	9,20	9,20	9,20	9,20	9,20 a	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76 a
24	9,50	8,53	9,08	7,95	8,76 a	0,87	0,61	0,81	0,56	0,71 a
48	9,18	7,80	10,20	8,68	8,96 a	0,72	0,70	0,75	0,66	0,71 a
72	8,95	7,90	9,25	8,35	8,61 a	0,77	0,69	0,74	0,66	0,72 a
96	8,90	7,88	9,05	8,50	8,58 a	0,82	0,70	0,79	0,68	0,75 a
120	8,68	7,73	8,55	7,65	8,15 a	0,72	0,65	0,67	0,64	0,67 a
Médias	9,07 A	8,17 A	9,22 A	8,39 A		0,78 A	0,69 A	0,75 A	0,66 A	
C.V. (%)	5,86					9,25				
	“Ratio” (SST/AT)					Porcentagem de suco (%)				
	Temperatura (°C)					Temperatura (°C)				
	15	20	25	30	Média	15	20	25	30	Média
0	12,15	12,15	12,15	12,15	12,15 a	47,77	47,77	47,77	47,77	47,77 a
24	10,93	13,96	11,24	14,22	12,59 a	47,59	48,43	46,86	46,54	47,36 a
48	12,76	11,29	13,67	13,19	12,73 a	45,66	46,36	48,83	46,06	46,73 a
72	11,66	11,53	12,45	12,93	12,14 a	46,19	45,66	47,57	45,51	46,23 a
96	10,89	11,38	11,49	12,62	11,59 a	49,40	43,28	49,69	45,45	46,96 a
120	12,11	12,08	12,77	12,46	12,35 a	45,16	43,93	44,98	43,31	44,35 b
Médias	11,75 A	12,06 A	12,29 A	12,93 A		46,96 A	45,91 A	47,62 A	45,78 A	
C.V. (%)	10,13					7,74				
	Ácido ascórbico (mg 100 mL ⁻¹ suco)									
	Temperatura (°C)									
	15	20	25	30	Média					
0	45,14	45,14	45,14	45,14	45,14 a					
24	46,33	41,03	44,96	41,68	43,50 a					
48	43,47	43,35	44,36	44,37	43,89 a					
72	44,68	43,14	44,52	44,26	44,15 a					
96	45,76	42,40	45,72	43,94	44,45 a					
120	43,45	43,45	42,13	44,36	43,35 a					
Médias	44,80 A	43,08 A	44,47 A	43,96 A						
C.V. (%)	4,21									

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

2.3.3 Experimento 3 – Estudo de tempo e concentração de etileno para o desverdecimento

Nesse experimento utilizou-se a temperatura de 25°C, que foi a melhor temperatura obtida no experimento anterior para as duas variedades. De maneira geral, a aplicação de etileno foi eficiente em promover um maior desverdecimento da casca dos frutos das duas variedades (Figuras 8 e 9). Das concentrações avaliadas, observou-se que já a partir de 0,25 L m⁻³ houve um incremento da cor, sendo este aumento foi mais intenso à medida que a concentração de etileno foi aumentada. Quanto ao tempo de aplicação, verificou-se que nas primeiras 24 horas de tratamento com etileno houve aumento significativo do índice de cor, e que houve continuação na evolução da cor ao longo do tempo de exposição ao etileno, para ambas variedades.

Resultados semelhantes também foram obtidos por Castro; Ferreira e Yotsuyanagi (1991), que, trabalhando também com frutos de tanger 'Murcott', observaram que o desenvolvimento da coloração alaranjada foi mais intenso nos frutos tratados com etileno a 10 µL L⁻¹ (1,0 L m⁻³).

As melhores condições para o desverdecimento pós-colheita das variedades obtidas nesse trabalho são semelhantes às sugeridas por Kader e Arpaia (1992) para a Califórnia. Os autores apontaram como condições ideais para o desverdecimento de laranjas e tangerinas, a temperatura entre 20 e 25°C, 90% UR, e etileno em concentração de 5 a 10 µL L⁻¹ (0,5 a 1,0 L m⁻³).

Sabe-se que concentrações de 5 a 10 µL L⁻¹ (0,5 a 1,0 L m⁻³) de etileno são mais efetivo durante 72 a 96 horas do que aplicadas somente por 24 horas (JAHN, 1973), uma vez que a exposição contínua de etileno aumenta a atividade da clorofilase. Purvis e Barmore (1981) verificaram que a clorofilase teve pico de atividade após 24 e 48 horas de exposição ao etileno.

Estudos realizados com laranjas 'Navelate' demonstraram que a aplicação de 1,0 L m⁻³ de etileno a 20°C acarretou em um aumento progressivo da coloração da casca em exposição ao etileno por até sete dias (RODRIGO; ZACARIAS, 2007).

De acordo com o trabalho de Carvalho et al. (2006) o desverdecimento com etileno proporcionou índice de cor mais elevado, sendo estes proporcionais ao tempo de exposição em tangerinas 'Oronules'.

Figura 8 – Efeito de diferentes concentrações e tempos de exposição de etileno aplicado a 25°C no índice de cor da região do pedúnculo (A) e região equatorial (B) de tangerina 'Murcott'. As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Figura 9 – Efeito de diferentes concentrações e tempo de exposição de etileno aplicado a 25°C no índice de cor da região equatorial de laranja ‘Valência’ em diferentes tratamentos. As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Observou-se que a qualidade interna dos frutos não foi afetada pelos tratamentos (Tabelas 6 e 7).

Resultados semelhantes foram obtidos por Jacomino; Mendonça e Kluge (2003), em limões ‘Sicilianos’. Salvador (1999) observou também que a aplicação de etileno não alterou a qualidade dos frutos, não modificando a relação entre sólidos solúveis e acidez titulável (“Ratio”), o que também foi observado por Abad et al. (2003) e Navarro et al. (2006).

Tabela 6 – Qualidade interna dos frutos de tangor ‘Murcott’ tratados com diferentes concentrações de etileno e tempos de exposição¹

Tempo de exposição (horas)	Teor de sólidos solúveis (°Brix)					Acidez titulável (% ácido cítrico)				
	Concentração de C ₂ H ₄ (L m ⁻³)					Concentração de C ₂ H ₄ (L m ⁻³)				
	0,25	0,50	0,75	1,00	Média	0,25	0,50	0,75	1,00	Média
0	10,43	10,43	10,43	10,43	10,43 a	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93 ab
24	10,95	10,80	10,68	10,40	10,71 a	1,05	0,96	0,90	0,99	0,98 a
48	11,23	11,08	11,18	10,98	11,11 a	0,97	0,98	1,02	0,84	0,95 ab
72	11,03	10,98	11,18	10,78	10,99 a	0,80	0,74	0,83	0,76	0,78 c
96	11,00	10,93	11,05	10,60	10,89 a	0,88	0,76	0,86	0,87	0,84 bc
120	10,18	10,35	10,18	10,35	10,26 a	0,76	0,76	0,78	0,77	0,77 c
Médias	10,80 A	10,76 A	10,78 A	10,59 A		0,90 A	0,86 A	0,89 A	0,86 A	
C.V. (%)	3,41					11,99				

	“Ratio” (SST/AT)					Porcentagem de suco (%)				
	Concentração de C ₂ H ₄ (L m ⁻³)					Concentração de C ₂ H ₄ (L m ⁻³)				
	0,25	0,50	0,75	1,00	Média	0,25	0,50	0,75	1,00	Média
0	11,25	11,25	11,25	11,25	11,25 c	47,80	47,80	47,80	47,80	47,80 a
24	10,47	11,30	12,02	10,83	11,15 c	45,41	45,74	45,33	44,50	45,25 a
48	11,87	11,40	11,01	13,37	11,91bc	47,40	47,07	45,78	46,68	46,73 a
72	14,10	14,84	13,69	14,27	14,23 a	47,68	46,69	47,77	47,81	47,48 a
96	12,56	14,53	12,90	12,28	13,07ab	46,79	46,27	48,09	46,27	46,85 a
120	13,50	13,96	13,32	13,54	13,58ab	46,77	46,63	46,77	46,63	46,70 a
Médias	12,29 A	12,88 A	12,37 A	12,59 A		46,97 A	46,70 A	46,92 A	46,61 A	
C.V. (%)	12,97					4,85				

	Ácido ascórbico (mg 100 mL ⁻¹ suco)				
	Concentração de C ₂ H ₄ (L m ⁻³)				
	0,25	0,50	0,75	1,00	Média
0	22,75	22,75	22,75	22,75	22,75 a
24	22,00	21,50	21,50	20,45	21,36 a
48	23,81	22,25	22,39	21,69	22,53 a
72	22,66	22,00	23,14	22,81	22,65 a
96	23,35	23,27	23,43	22,26	23,08 a
120	21,87	21,33	21,87	21,33	21,60 a
Médias	22,74 A	22,18 A	22,51 A	21,88 A	
C.V. (%)	6,00				

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Tabela 7 – Qualidade interna dos frutos de laranja ‘Valência’ tratados com diferentes concentrações de etileno e tempos de exposição¹

Tempo de exposição (horas)	Teor de sólidos solúveis (°Brix)					Acidez titulável (% ácido cítrico)				
	Concentração de C ₂ H ₄ (L m ⁻³)					Concentração de C ₂ H ₄ (L m ⁻³)				
	0,25	0,50	0,75	1,00	Média	0,25	0,50	0,75	1,00	Média
0	8,30	8,30	8,30	8,30	8,30 a	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73 a
24	8,75	9,38	8,98	8,43	8,88 a	0,89	0,87	0,77	0,79	0,83 a
48	8,30	8,93	8,45	8,88	8,64 a	0,79	0,89	0,73	0,82	0,81 a
72	8,53	8,95	8,85	8,88	8,80 a	0,83	0,90	0,76	0,80	0,82 a
96	8,55	9,60	8,58	8,48	8,80 a	0,74	0,82	0,73	0,73	0,76 a
120	8,50	9,03	8,10	8,35	8,49 a	0,73	0,79	0,74	0,75	0,75 a
Médias	8,49 A	9,03 A	8,54 A	8,55 A		0,78 A	0,83 A	0,74 A	0,77 A	
C.V. (%)	5,50					7,37				

	“Ratio” (SST/AT)					Porcentagem de suco (%)				
	Concentração de C ₂ H ₄ (L m ⁻³)					Concentração de C ₂ H ₄ (L m ⁻³)				
	0,25	0,50	0,75	1,00	Média	0,25	0,50	0,75	1,00	Média
0	11,35	11,35	11,35	11,35	11,35 a	45,77	45,77	45,77	45,77	45,77 a
24	9,85	10,86	11,63	10,69	10,76 a	46,77	46,77	44,55	44,14	45,56 a
48	10,58	10,18	11,51	10,88	10,79 a	44,75	45,38	44,11	44,88	44,78 a
72	10,25	9,96	11,77	11,09	10,77 a	45,27	46,56	44,60	45,05	45,37 a
96	11,61	11,74	11,68	11,54	11,64 a	44,06	46,70	44,06	44,22	44,46 a
120	11,79	11,51	10,97	11,15	11,35 a	44,60	46,01	44,18	44,08	44,72 a
Médias	10,90 A	10,93 A	11,48 A	11,12 A		45,20 A	46,20 A	44,54 A	44,69 A	
C.V. (%)	6,87					5,21				

	Ácido ascórbico (mg 100 mL ⁻¹ suco)				
	Concentração de C ₂ H ₄ (L m ⁻³)				
	0,25	0,50	0,75	1,00	Média
0	39,71	39,71	39,71	39,71	39,71 a
24	40,55	40,95	39,19	38,92	39,90 a
48	39,91	40,94	39,55	40,58	40,25 a
72	40,95	40,25	38,15	40,25	39,90 a
96	39,65	40,50	38,60	38,46	39,30 a
120	38,59	37,58	38,74	39,03	38,49 a
Médias	39,89 A	39,99 A	38,99 A	39,49 A	
C.V. (%)	4,68				

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

2.3.4 Experimento 4 – Estudo de temperatura e concentração de etileno para o desverdecimento

Nesse experimento utilizou-se o tempo de exposição de 120 horas, que foi o melhor resultado obtido no experimento anterior para as duas variedades. O valor inicial do índice de cor para tanger 'Murcott' da região do pedúnculo foi de -0,10 e da região equatorial foi de 0,09; e para laranja 'Valência', foi de -0,06. De modo geral, todos os tratamentos promoveram o aumento do índice de cor dos frutos (Figuras 10 e 11). Observaram-se algumas diferenças entre as concentrações e temperaturas, sendo que os frutos expostos às concentrações de etileno de 0,75 e 1,0 L m⁻³, nas temperaturas de 20 e 25°C, apresentaram mudança de cor mais acentuada, para as duas variedades.

Resultados similares também foram obtidos por Ritenour; Miller e Wardowski (2003), que observaram que a degradação rápida da clorofila e síntese de carotenóides ocorreram durante a exposição ao etileno em concentração de 0,5 a 1,0 L m⁻³ durante 5 dias a 20-22°C.

Plaza et al. (2004), trabalhando com tangerinas 'Clemenules', observaram que o desverdecimento foi eficaz após 5 dias de exposição a 0,5 a 1,0 L m⁻³ de etileno a 20°C, e que expondo frutos a temperaturas mais altas (33 e 40°C), a eficácia do desverdecimento foi diminuída. É sabido que as temperaturas ótima e inibitória são de 28 e 40°C para degradação de clorofila e 18 e 30°C para desenvolvimento de carotenóides, respectivamente (CUQUERELLA, 1997).

A elevação nas concentrações de etileno aplicadas, bem como o maior tempo de exposição dos frutos ao regulador vegetal, refletiu-se em maior perda da coloração verde da casca, possivelmente em decorrência da aceleração do processo degradativo da clorofila e da síntese de carotenóides, conforme preconizado por vários autores (SHIMOKAWA; SHIMADA; YAEI, 1978; STEWART; WHEATON, 1972; YAMAUCHI et al., 1997). Alguns autores relatam que a aplicação do etileno também conduz à decomposição das giberelinas, responsáveis pela manutenção da coloração verde da fruta (GOLDSCHMIDT; GALILI, 1974; SCHECHTER; GOLDSCHMIDT; GALILI, 1989).

Para Salvador et al. (2003), o desverdecimento possui melhor resultado se aplicado em recintos nos quais seja possível controlar todas as variáveis implicadas no

processo. Dessa maneira, no presente trabalho, foi observado que não somente a concentração de etileno foi o fator responsável pelo processo de desverdecimento, como também a temperatura utilizada e o tempo de exposição a esse fitormônio.

Figura 10 – Efeito da temperatura e concentrações de etileno aplicado por 120 horas no índice de cor da região do pedúnculo (A) e região equatorial (B) de tanger 'Murcott'. As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Figura 11 – Efeito da temperatura e concentrações de etileno aplicado por 120 horas no índice de cor da região equatorial de laranja ‘Valência’. As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Nas tabelas 8 e 9 estão apresentados os dados da qualidade interna de ‘Murcott’ e ‘Valência’, respectivamente, não tendo sido observados diferenças significativas nas variáveis analisadas que possa prejudicar na qualidade dos frutos.

Segundo Salvador et al. (2002), a qualidade interna adequada para tangerinas é teor de suco superior a 35% e índice de maturidade (“Ratio”) acima de 7, e para laranjas, teor de suco acima de 40% e “Ratio” acima de 6, valores estes também encontrados no presente trabalho.

Tabela 8 – Qualidade interna dos frutos de tangor ‘Murcott’ tratados com diferentes concentrações de etileno e temperatura¹

Temperatura (°C)	Teor de sólidos solúveis (°Brix)					Acidez titulável (% ácido cítrico)				
	Concentração de C ₂ H ₄ (L m ⁻³)					Concentração de C ₂ H ₄ (L m ⁻³)				
	0,25	0,50	0,75	1,00	Média	0,25	0,50	0,75	1,00	Média
15	10,48	10,73	10,50	10,70	10,60 a	0,72	0,78	0,70	0,74	0,73 a
20	10,85	10,85	10,53	11,00	10,81 a	0,76	0,76	0,78	0,77	0,77 a
25	11,00	10,93	11,05	10,60	10,89 a	0,70	0,69	0,67	0,70	0,69 a
30	11,50	11,40	11,48	11,50	11,47 a	0,73	0,76	0,75	0,77	0,75 a
Médias	10,96 A	10,98 A	10,89 A	10,95 A		0,73 A	0,75 A	0,72 A	0,74 A	
C.V. (%)	2,39					13,02				
	“Ratio” (SST/AT)					Porcentagem de suco (%)				
	Concentração de C ₂ H ₄ (L m ⁻³)					Concentração de C ₂ H ₄ (L m ⁻³)				
	0,25	0,50	0,75	1,00	Média	0,25	0,50	0,75	1,00	Média
15	15,04	14,18	15,28	15,01	14,88 a	45,89	46,13	44,85	46,17	45,76 a
20	14,61	14,74	14,46	13,85	14,42 a	46,77	46,63	46,77	46,63	46,70 a
25	15,29	15,50	15,92	15,42	15,53 a	45,47	44,65	44,51	46,82	45,36 a
30	15,90	15,31	15,61	15,17	15,50 a	47,50	46,26	46,46	46,40	46,66 a
Médias	15,21 A	14,93 A	15,32 A	14,86 A		46,78 A	45,92 A	45,65 A	46 51 A	
C.V. (%)	13,25					4,98				
	Ácido ascórbico (mg 100 mL ⁻¹ suco)									
	Concentração de C ₂ H ₄ (L m ⁻³)									
	0,25	0,50	0,75	1,00	Média					
15	21,94	22,20	21,16	22,25	21,89 a					
20	21,87	21,33	21,87	21,33	21,60 a					
25	20,36	21,56	21,28	21,51	21,18 a					
30	22,05	21,52	21,78	22,11	21,87 a					
Médias	22,56 A	21,65 A	21,53 A	21,80 A						
C.V. (%)	5,08									

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Tabela 9 – Qualidade interna dos frutos de laranja ‘Valência’ tratados com diferentes concentrações de etileno e temperatura¹

Temperatura (°C)	Teor de sólidos solúveis (°Brix)					Acidez titulável (% ácido cítrico)				
	Concentração de C ₂ H ₄ (L m ⁻³)					Concentração de C ₂ H ₄ (L m ⁻³)				
	0,25	0,50	0,75	1,00	Média	0,25	0,50	0,75	1,00	Média
15	12,30	12,38	12,08	12,55	12,33 a	0,72	0,77	0,73	0,76	0,75 a
20	11,00	11,35	10,78	11,35	11,12 b	0,74	0,77	0,76	0,77	0,76 a
25	11,38	11,70	11,20	11,28	11,39 b	0,74	0,82	0,73	0,73	0,76 a
30	11,43	11,35	11,00	11,33	11,28 b	0,73	0,69	0,70	0,71	0,71 a
Médias	11,53 A	11,69 A	11,26 A	11,63 A		0,73 A	0,77 A	0,73 A	0,74 A	
C.V. (%)	3,55					8,56				
	“Ratio” (SST/AT)					Porcentagem de suco (%)				
	Concentração de C ₂ H ₄ (L m ⁻³)					Concentração de C ₂ H ₄ (L m ⁻³)				
	0,25	0,50	0,75	1,00	Média	0,25	0,50	0,75	1,00	Média
15	17,22	16,30	16,54	16,54	16,65 a	54,83	54,87	53,74	53,95	54,35 a
20	14,86	14,73	14,33	14,83	14,69 b	52,35	53,44	52,91	54,22	53,23 a
25	15,44	14,35	15,29	15,37	15,11 b	50,07	50,50	49,24	50,31	50,03 b
30	15,74	16,49	15,64	16,11	16,00 ab	50,73	51,09	49,32	50,88	50,51 b
Médias	15,82 A	15,46 A	15,45 A	15,71 A		51,99 A	52,47 A	51,30 A	52,34 A	
C.V. (%)	9,09					4,17				
	Ácido ascórbico (mg 100 mL ⁻¹ suco)									
	Concentração de C ₂ H ₄ (L m ⁻³)									
	0,25	0,50	0,75	1,00	Média					
15	41,73	41,98	39,76	41,59	41,26 a					
20	39,52	39,74	40,58	41,85	40,43 ab					
25	39,65	40,50	38,60	38,46	39,30 b					
30	40,23	40,39	40,58	41,21	40,60 ab					
Médias	40,28 A	40,64 A	39,88 A	40,78 A						
C.V. (%)	4,91									

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

2.3.5 Experimento 5 – Avaliação dos melhores tratamentos combinados de temperatura, tempo e concentração de etileno

Os melhores resultados nos experimentos 2, 3 e 4 foram comparados entre si, como forma de confirmar as condições de temperatura, tempo de exposição e concentração de etileno mais adequadas para o desverdecimento. Nesse experimento utilizou-se a temperatura de 25°C e duas concentrações de etileno (0,5 e 1,0 L m⁻³), efetuando-se o desverdecimento no tempo de 96 e 120 horas, comparando com frutos não tratados (controle). Foram feitas avaliações antes da entrada dos frutos na câmara (caracterização), após o tratamento de desverdecimento e depois de 3 dias a temperatura de 25°C, simulando uma comercialização.

O valor inicial do índice de cor dos frutos de tangor 'Murcott' foi de -2,26 para a região do pedúnculo e 1,00 para a região equatorial. Os frutos de 'Valência' tiveram valor inicial de -0,70. Como esperado, a aplicação de etileno incrementou o índice de cor dos frutos das duas variedades (Figura 12 e 13). Observou-se que houve diferença entre os frutos tratados e os não tratados, porém, não houve diferença entre a concentração e tempo de exposição nos períodos avaliados.

O comportamento do desverdecimento em diversas variedades tem sido estudado nos últimos anos (CUQUERELLA; NAVARRO; SALVADOR, 1999; CUQUERELLA et al., 2003; CUQUERELLA et al., 2004; DOU et al., 2004; MARTÍNEZ-JÁVEGA et al., 1999; MARTÍNEZ-JÁVEGA et al., 2004; NAVARRO et al., 2000; NAVARRO et al., 2006; SALVADOR et al., 2003;). Observou-se que a concentração e o tempo de exposição de etileno mudam de variedade para variedade, nunca ultrapassando a concentração de 1,0 L m⁻³ e tempo de exposição de 120 horas. Acima desses valores pode ocorrer alteração na qualidade interna dos frutos, além de causar o amolecimento da casca e escurecimento do cálice (JIMENES-CUESTA; CUQUERELLA; MARTÍNEZ-JÁVEGA, 1983). Cuquerella (1997) e Arpaia (1998) observaram que aplicações de etileno acima de 1,0 L m⁻³ alteram o conteúdo de açúcar e acidez dos frutos.

Figura 12 – Índice de cor da região do pedúnculo (A) e região equatorial (B) de tangor 'Murcott' submetido a diferentes tempos de exposição e concentrações de etileno. As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Figura 13 – Índice de cor da região equatorial de laranja 'Valência' submetida a diferentes tempos de exposição e concentrações de etileno. As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Conforme o esperado observou-se que à medida que aumentou a atividade da clorofilase, houve redução do teor de clorofila para os frutos tratados com etileno, por outro lado, os frutos não tratados apresentaram baixa atividade da enzima e menor queda do teor de clorofila (Figuras 14 e 15). O etileno é um hormônio vegetal cuja função nas frutas é alterar o comportamento de eventos associados à maturação. No caso de frutos não climatéricos, como os cítricos, sua atuação restringe-se sobre a casca dos frutos, fazendo com que a cor verde desapareça mais rapidamente.

Sabe-se que o etileno além de alterar a permeabilidade das membranas celulares ao oxigênio, é o catalisador da reação de oxidação da clorofila, pigmento que caracteriza a cor verde dos frutos (RODRIGO, 2003). O etileno também promove a síntese *de novo* da clorofilase (TREBITSH; GOLDSCHMIDT; RIOV, 1993), acarretando na mudança de coloração da casca de frutos cítricos de maneira mais rápida.

Segundo Purvis e Barmore (1981), o etileno participa diretamente na interação com a membrana dos tilacóides para remover as moléculas de clorofila.

McCollum e Maul (2007) verificaram que o tratamento com etileno permitiu a perda da cor verde de pomelo (*Citrus paradisi*) e que esse efeito na mudança da cor esteve relacionado com o aumento da atividade da clorofilase e da síntese de novos RNAs. Ainda, os mesmos autores observaram que a aplicação de 1-metilciclopropeno, antagonista ao etileno, inibiu a atividade da clorofilase, bem como manteve a coloração verde da casca.

Segundo Yamauchi et al. (1997), a aplicação de etileno diminui o teor de clorofilas e aumenta o teor de clorofilídeos pela ação da clorofilase.

Recentemente, Shemer et al. (2008) mostraram que a degradação da clorofila esteve relacionada com a atividade da clorofilase, expressa nos plastídeos. Harpaz-Saad et al. (2007) demonstraram que clorofilases isoladas de citros foram expressas em protoplastos de folhas de tabaco (*Nicotiana tabacum*), localizadas nos cloroplastos, os quais conduziram a degradação da clorofila *in vivo*.

É importante levar em consideração que não somente a atividade da clorofilase está envolvida com a degradação das clorofilas, mas também pode haver a participação de outras oxidases, como a peroxidase e a lipoxigenase. Yamauchi; Hashinaga e Itoo (1991) relataram a maior atividade de peroxidase na degradação de clorofila que a própria clorofilase. Também pode ocorrer a degradação da clorofila por modificações do pH (liberação de ácidos orgânicos dos vacúolos) formando compostos com coloração variada ou incolores.

Verificou-se também que laranjas 'Valência' tiveram maior resposta ao desverdecimento que a região do pedúnculo de tangores 'Murcott'. Isso pode ser explicado através da maior atividade da clorofilase em 'Valência' em relação à 'Murcott'.

Figura 14 – Atividade de clorofilase (A) e teor de clorofila (B) da região do pedúnculo de tanger 'Murcott' submetido a diferentes concentrações e tempos de exposição ao etileno. As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4). UE = unidade da atividade enzimática definida pela mudança de 0,01 na absorbância a 663 nm por minuto

Figura 15 – Atividade de clorofilase (A) e teor de clorofila (B) da região equatorial de laranja ‘Valência’ submetida a diferentes concentrações e tempos de exposição ao etileno. As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4). UE = unidade da atividade enzimática definida pela mudança de 0,01 na absorbância a 663 nm por minuto

Com aplicação de etileno, esperava-se que, paralelamente à degradação da clorofila, ocorresse também a síntese de carotenóides da casca dos frutos, de tal modo expressivo que fosse alcançada a cor característica desses frutos, porém o teor de carotenóides não sofreu modificações significativas ao longo das análises para as duas variedades (Figuras 16 e 17). Isso também foi observado por Rodrigo e Zacarias (2003), que aplicaram $1,0 \text{ L m}^{-3}$ de etileno a $20\text{-}23^{\circ}\text{C}$ durante 7 dias em laranjas 'Navelate'. Esses autores observaram que embora o etileno não tenha incrementado a concentração de carotenóides totais, o perfil de carotenóides foi totalmente diferente, já que se observou incremento dos carotenóides característicos dos frutos alaranjados e se reduziu os correspondentes aos frutos verdes.

O etileno tem um efeito diferencial no estímulo dos genes implicados na síntese de carotenóides. A presença desse hormônio parece ser necessária para a manutenção da carotenogênese nos frutos cítricos e, possivelmente, tem um papel diferencial do observado nos frutos climatéricos (RODRIGO; ZACARIAS, 2003).

O efeito exógeno do etileno na regulação da rota biossintética de carotenóides de laranja 'Navalate' foi estudado por Rodrigo e Zacarias (2007). Os autores verificaram que a aplicação de etileno não somente afetou a coloração externa da casca, como o conteúdo de clorofila e composição de carotenóides, mas também trouxe mudanças importantes na acumulação de genes da via biossintética de carotenóides. A aplicação de etileno não aumentou o teor de carotenóides e sim estimulou o aumento de carotenóides da cadeia principal do amadurecimento de frutos cítricos (β -citraurina e violaxantina) e diminuiu o conteúdo de carotenóides dos cloroplastos (β -caroteno).

Zhou et al. (2010) trabalhando com tangerinas 'Ponkan', verificaram que os tratamentos com etileno estimularam o acúmulo de carotenóides característicos da cor laranja, reduzindo em abundância os carotenóides de cor amarela.

Outro aspecto que se leva em consideração é a temperatura do processo de desverdecimento, uma vez que é sabido que a temperatura ideal para a síntese de carotenóides é de 18°C e esse processo ocorreu a 25°C .

Figura 16 – Teor de carotenóides da região do pedúnculo de tangor ‘Murcott’ submetido a diferentes concentrações e tempos de exposição ao etileno. As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Figura 17– Teor de carotenóides da região equatorial de laranja ‘Valência’ submetida a diferentes concentrações e tempos de exposição ao etileno. As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

A atividade respiratória dos frutos apresentou valor inicial de $10,75 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ atingindo um máximo de $14,49 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ para frutos de tangor 'Murcott' (Figura 18A). Para a laranja 'Valência', o valor inicial foi de 5,32, tendo como pico o valor de $14,36 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ (Figura 19A). Essa produção de dióxido de carbônico está dentro do aceitável para frutos cítricos, segundo Arpaia e Kader (2000). Esses autores verificaram que para tangerinas e híbridos a taxa respiratória varia de 10 a $15 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, e para laranjas de 11 a $17 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

Para tangor 'Murcott', notou-se que houve diferença significativa entre os tratamentos, o que é observado durante o processo de desverdecimento, onde os frutos tratados tiveram maiores taxa respiratória (Figura 18A) e produção de etileno (Figura 18B). A aplicação de etileno provocou aumento na taxa respiratória, sendo uma resposta comum dos frutos a esse hormônio. O etileno pode incrementar a atividade de enzimas envolvidas no processo respiratório, como fosfofrutoquinase e piruvato desidrogenase (ABELES; MORGAN; SALTVEIT, 1997).

Na laranja 'Valência' não se observou essa diferença na taxa respiratória (Figura 19A). McCollum e Maul (2007) obtiveram resultado semelhante em pomelos, não tendo verificado diferença na atividade respiratória entre os frutos do controle e àqueles que foram submetidos ao tratamento com etileno. Por outro lado, houve diferença entre os tratamentos na produção de etileno. A produção de etileno foi proporcional à concentração de etileno aplicada, sendo que, no controle, praticamente não foi observada produção de etileno (Figura 19B).

Em frutos não climatéricos, a magnitude de resposta ao etileno depende da concentração. O tratamento com etileno não desencadeia produção auto-catalítica de etileno, porém, o fruto pode responder em qualquer momento após a colheita (ABELES; MORGAN; SALTVEIT, 1997). A exposição desses frutos a níveis crescentes de etileno, promove-se resposta imediata, com aumento da captação de oxigênio, proporcional a concentração de etileno, havendo posterior declínio (cessa causa, cessa o efeito), como observado nas figuras 18B e 19B.

Figura 18 – Taxa respiratória (A) e produção de etileno (B) de tangor 'Murcott' submetido a diferentes concentrações e tempos de exposição ao etileno. As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Figura 19 – Taxa respiratória (A) e produção de etileno (B) de laranja ‘Valência’ submetida a diferentes concentrações e tempos de exposição ao etileno. As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

De maneira geral, houve incremento nos teores de acetaldeído e etanol nas variedades estudadas (Figura 20), porém em análise sensorial informal não foi observado sabores e odores estranhos. Para Porat et al. (1999), a aplicação de etileno pode aumentar o conteúdo dos compostos voláteis, porém, no presente experimento,

não foi observado diferenciação entre os frutos tratados e não tratados, uma vez que os frutos do controle também tiveram aumento dos teores de compostos voláteis.

Figura 20 – Produção de acetaldeído e etanol de tangor 'Murcott' (A e C) e laranja 'Valência' (B e D), respectivamente; submetido a diferentes concentrações e tempos de exposição ao etileno. P0 = caracterização; P1 = Desverdecimento; P2 = Comercialização (3 dias a 25°C). As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Observou-se que a qualidade interna dos frutos não foi afetada pelos tratamentos (Tabelas 10 e 11), confirmando os resultados obtidos anteriormente e aqueles obtidos

por outros autores em trabalhos semelhantes (ABAD et al., 2003; JACOMINO; MENDONÇA; KLUGE, 2003; NAVARRO et al., 2006; SALVADOR, 1999).

Tabela 10 – Qualidade interna dos frutos de tangor ‘Murcott’ submetidos a diferentes tratamentos¹

Tempo de exposição (horas)	Concentração de C ₂ H ₄ (L m ⁻³)	Teor de sólidos solúveis (°Brix)				Acidez Titulável (% ácido cítrico)			
		Período de avaliação				Período de avaliação			
		P 0	P 1	P 2	Médias	P 0	P 1	P 2	Médias
Controle		10,23	10,78	10,53	10,51 a	0,65	0,65	0,73	0,68 a
96 horas	0,5		11,58	10,70	10,84 a		0,78	0,71	0,71 a
	1,0		10,75	10,80	10,59 a		0,70	0,69	0,68 a
120 horas	0,5		11,23	10,60	10,69 a		0,69	0,69	0,68 a
	1,0		10,70	10,70	10,54 a		0,73	0,71	0,70 a
Médias			11,01 A	10,67 A			0,71 A	0,71 A	
C.V. (%)		4,19				8,17			
“Ratio” (SST/AT)						Porcentagem de suco (%)			
Período de avaliação						Período de avaliação			
		P 0	P 1	P 2	Médias	P 0	P 1	P 2	Médias
Controle		15,78	16,61	14,51	15,63 a	53,65	50,16	47,24	50,35 a
96 horas	0,5		14,94	15,06	15,26 a		56,25	45,26	51,72 a
	1,0		15,41	15,74	15,64 a		56,82	47,55	52,67 a
120 horas	0,5		16,48	15,42	15,89 a		50,16	49,91	51,24 a
	1,0		14,69	15,03	15,17 a		48,66	49,22	50,51 a
Médias			15,63 A	15,15 A			52,41 A	47,84 B	
C.V. (%)		8,67				4,31			
Ácido ascórbico (mg 100 mL ⁻¹ suco)									
Período de avaliação									
		P 0	P 1	P 2	Médias				
Controle		19,58	21,68	20,67	20,64 a				
96 horas	0,5		19,45	19,06	19,36 a				
	1,0		19,50	20,09	19,72 a				
120 horas	0,5		21,99	19,83	20,47 a				
	1,0		22,58	20,67	20,94 a				
Médias			21,04 A	20,06 A					
C.V. (%)		6,92							

¹ Médias que seguem com a mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não tem diferença significativa (P<0,05) de acordo com o teste de Tukey.

P0 = Caracterização; P1 = Desverdecimento a 25°C; P2 = Comercialização (3dias a 25°C)

Tabela 11 – Qualidade interna dos frutos de laranja ‘Valência’ submetidos a diferentes tratamentos¹

Tempo de exposição (horas)	Concentração de C ₂ H ₄ (L m ⁻³)	Teor de sólidos solúveis (°Brix)				Acidez Titulável (% ácido cítrico)			
		Período de avaliação				Período de avaliação			
		P 0	P 1	P 2	Médias	P 0	P 1	P 2	Médias
Controle		8,93	9,33	9,15	9,14 a	1,18	1,23	1,41	1,27 a
96 horas	0,5		9,23	9,40	9,19 a		1,26	1,40	1,28 a
	1,0		9,08	9,55	9,19 a		1,21	1,38	1,26 a
120 horas	0,5		8,75	9,33	9,00 a		1,35	1,39	1,31 a
	1,0		9,00	8,98	8,97 a		1,27	1,27	1,24 a
Médias			9,08 A	9,28 A			1,26 A	1,37 A	
C.V. (%)		4,21				7,17			
“Ratio” (SST/AT)						Porcentagem de suco (%)			
Período de avaliação						Período de avaliação			
		P 0	P 1	P 2	Médias	P 0	P 1	P 2	Médias
Controle		7,56	7,66	6,37	7,20 a	52,93	52,19	52,56	52,56 a
96 horas	0,5		7,36	6,40	7,11 a		54,10	50,50	52,51 a
	1,0		7,55	6,73	7,28 a		53,67	50,57	52,39 a
120 horas	0,5		6,49	6,74	6,93 a		51,87	51,29	52,03 a
	1,0		7,13	7,05	7,25 a		51,90	52,69	52,51 a
Médias			7,24 A	6,66 A			52,75 A	51,52 A	
C.V. (%)		7,54				10,61			
Ácido ascórbico (mg 100 mL ⁻¹ suco)									
Período de avaliação									
		P 0	P 1	P 2	Médias				
Controle		52,00	49,50	47,05	49,52 a				
96 horas	0,5		50,74	52,79	51,84 a				
	1,0		49,25	53,30	51,52 a				
120 horas	0,5		48,86	51,51	50,79 a				
	1,0		49,74	48,48	50,07 a				
Médias			49,62 A	50,63 A					
C.V. (%)		3,95							

¹ Médias que seguem com a mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não tem diferença significativa (P<0,05) de acordo com o teste de Tukey.

P0 = Caracterização; P1 = Desverdecimento a 25°C; P2 = Comercialização (3dias a 25°C)

2.3.6 Experimento 6 – Conservação pós-colheita após desverdecimento com ethephon

Foi observado que o armazenamento refrigerado não interferiu no efeito da aplicação de ethephon, permitindo a mudança de cor dos frutos, mesmo sob refrigeração (Figuras 21 e 22). Houve diferença entre os frutos tratados e não tratados, porém não foi observada diferença entre as concentrações de ethephon utilizadas.

Resultados semelhantes foram obtidos por Castro; Ferreira e Yotsuyanagi (1991) que, trabalhando também com frutos de 'Murcott', observaram que durante o armazenamento refrigerado houve aumento do índice de cor, conferindo às frutas predominância da cor laranja-avermelhada.

Henrique e Cereda (2007) comprovaram que a refrigeração após a aplicação de ethephon promoveu coloração adequada para a exportação de limões 'Sicilianos'.

Contudo, observou-se que em relação à aplicação de etileno em câmara, o resultado com ethephon foi inferior, apresentando menor incremento no índice de cor. Isso pode estar relacionado com a menor atividade de clorofilase, em comparação aos dois métodos de desverdecimento.

Outro ponto relevante seria o fato de que na aplicação de etileno em câmara os frutos ficaram expostos por mais tempo ao fitormônio e a temperatura de 25°C por até 120 horas, e a aplicação de ethephon foi feita por imersão durante apenas 3 minutos e logo armazenada sob refrigeração a 5°C.

Zhou et al. (2010) também verificaram que o tratamento com etileno foi mais eficiente do que com ethephon em tangerinas 'Ponkan', onde foi observado maior conteúdo de carotenóides nos frutos tratados com etileno em relação aos tratados com ethephon. No presente trabalho não foi observado essa diferença no teor de carotenóides, mas o conteúdo de clorofila foi diferenciado, onde os frutos tratados com ethephon apresentaram maior teor de clorofila após o armazenamento (Figuras 23 e 24) em comparação aos tratados com etileno (Figuras 32 e 33).

Figura 21 – Efeito da aplicação de ethephon no índice de cor da região do pedúnculo (A) e região equatorial (B) de tanger 'Murcott' em diferentes concentrações. (Armazenamento = 30 dias a 5°C; Comercialização = 3 dias a 25°C). As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Figura 22 – Efeito da aplicação de ethephon no índice de cor da região equatorial de laranja ‘Valência’ em diferentes concentrações. (Armazenamento = 30 dias a 5°C; Comercialização = 3 dias a 25°C). As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Observou-se que para tangor ‘Murcott’ houve incremento da coloração durante a comercialização, enquanto que para laranja ‘Valência’ o mesmo não foi observado. Isso provavelmente se deve a maior atividade da clorofilase verificada em tangor ‘Murcott’ após o armazenamento refrigerado (Figura 23A), concomitante com a diminuição no teor de clorofila (Figura 23B). Ao contrário, para a laranja ‘Valência’, a atividade da clorofilase foi diminuindo progressivamente, enquanto que o teor de clorofila permaneceu praticamente inalterado (Figura 24A e B).

O ethephon, quando aplicado em frutos cítricos, em pré ou pós-colheita induz a formação do etileno, o qual acelera a degradação da clorofila, acarretando em mudança da coloração dos frutos de verde para alaranjada (CASAS; LLÁCER, 1989).

Não houve incremento no teor de carotenóides para as duas variedades (Figura 25 e 26).

Figura 23 – Atividade de clorofilase (A) e teor de clorofila (B) da região do pedúnculo de tanger 'Murcott' submetido a diferentes concentrações de ethephon. (Armazenamento = 30 dias a 5°C; Comercialização = 3 dias a 25°C). As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4). UE = unidade da atividade enzimática definida pela mudança de 0,01 na absorbância a 663 nm por minuto

Figura 24 – Atividade de clorofilase (A) e teor de clorofila (B) da região equatorial de laranja 'Valência' submetida a diferentes concentrações de ethephon. (Armazenamento = 30 dias a 5°C; Comercialização = 3 dias a 25°C). As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4). UE = unidade da atividade enzimática definida pela mudança de 0,01 na absorbância a 663 nm por minuto

Figura 25 – Teor de carotenóides da região do pedúnculo de tanger ‘Murcott’ submetido a diferentes concentrações de ethephon. (Armazenamento = 30 dias a 5°C; Comercialização = 3 dias a 25°C). As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Figura 26 – Teor de carotenóides da região equatorial de laranja ‘Valência’ submetida a diferentes concentrações de ethephon. (Armazenamento = 30 dias a 5°C; Comercialização = 3 dias a 25°C). As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Como esperado, no armazenamento refrigerado, os frutos apresentaram redução da taxa respiratória, independente da concentração de ethephon aplicada (Figuras 27A e 28A). De fato, o armazenamento refrigerado tem sido o método mais utilizado para a preservação dos frutos após a colheita. Neste sistema, a respiração dos frutos é diminuída, bem como retardado é o processo de senescência.

Após a retirada dos frutos da condição refrigerada, observou-se que os frutos previamente tratados com ethephon apresentaram maior atividade respiratória dos que os não tratados, possivelmente pelo estímulo de enzimas da cadeia respiratória, como fosfofrutoquinase e piruvato desidrogenase (ABELES; MORGAN; SALTVEIT, 1997).

Verificou-se que a produção de etileno foi proporcional à concentração de ethephon aplicada (Figuras 27B e 28B), sendo que no controle praticamente não foi observada produção de etileno. O ethephon é um composto de pH baixo ($<1,0$) e ao entrar em contato com o tecido do fruto se degrada liberando etileno. Em frutos não climatéricos, a magnitude de resposta depende da concentração. O tratamento com liberadores de etileno, como o ethephon, não desencadeia produção auto-catalítica de etileno, porém, o fruto pode responder em qualquer momento após a colheita (ABELES; MORGAN; SALTVEIT, 1997).

Figura 27 – Taxa respiratória (A) e produção de etileno (B) de tangor 'Murcott' submetido a diferentes concentrações de ethephon. (Armazenamento = 30 dias a 5°C; Comercialização = 3 dias a 25°C). As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Figura 28 – Taxa respiratória (A) e produção de etileno (B) de laranja ‘Valência’ submetida a diferentes concentrações de ethephon. (Armazenamento = 30 dias a 5°C; Comercialização = 3 dias a 25°C). As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Para laranja ‘Valência’, os tratamentos não influenciaram no teor de acetaldeído, porém, para ‘Murcott’, houve um acréscimo significativo dos teores dos frutos tratados na avaliação realizada na comercialização simulada (figura 29), não tendo sido observado sabores e odores desagradáveis.

Figura 29 – Produção de acetaldeído e etanol de tangor 'Murcott' (A e C) e laranja 'Valência' (B e D), respectivamente; submetidos a diferentes concentrações de ethephon. P0 = Caracterização; P1 = Desverdecimento; P2 = Comercialização (3 dias a 25°C). As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Não foram observadas diferenças significativas na qualidade interna dos frutos das duas variedades estudadas em função dos tratamentos aplicados (Tabelas 12 e 13).

Tabela 12 – Qualidade interna dos frutos de tangor ‘Murcott’ submetidos a diferentes tratamentos¹

Concentração de Ethephon (mg L ⁻¹)	Teor de sólidos solúveis (°Brix)				Acidez Titulável (% ácido cítrico)			
	Período de avaliação				Período de avaliação			
	P 0	P 1	P 2	Médias	P 0	P 1	P 2	Médias
0	10,23	10,63	10,35	10,40 a	0,65	0,68	0,68	0,67 a
250		10,43	10,68	10,45 a		0,64	0,59	0,63 a
500		10,53	11,25	10,67 a		0,66	0,63	0,65 a
Médias		10,53 A	10,76 A			0,66 A	0,63 A	
C.V. (%)	2,93				6,96			
	“Ratio” (SST/AT)				Porcentagem de suco (%)			
	Período de avaliação				Período de avaliação			
	P 0	P 1	P 2	Médias	P 0	P 1	P 2	Médias
0	15,78	15,74	15,20	15,57 a	53,65	44,73	51,26	49,88 a
250		16,19	18,12	16,70 a		41,16	51,67	48,83 a
500		15,96	17,83	16,52 a		43,03	51,56	49,41 a
Médias		15,96 A	17,05 A			42,97 B	51,50 A	
C.V. (%)	7,83				4,04			
	Ácido ascórbico (mg 100 mL ⁻¹ suco)							
	Período de avaliação							
	P 0	P 1	P 2	Médias				
0	19,58	18,43	19,00	19,00 a				
250		17,41	17,50	18,16 a				
500		18,15	19,95	19,23 a				
Médias		18,00 A	18,82 A					
C.V. (%)	5,53							

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

P0 = Caracterização; P1 = Desverdecimento a 25°C; P2 = Comercialização (3 dias a 25°C)

Tabela 13 – Qualidade interna dos frutos de laranja ‘Valência’ submetidos a diferentes tratamentos¹

Concentração de Ethephon (mg L ⁻¹)	Teor de sólidos solúveis (°Brix)				Acidez Titulável (% ácido cítrico)			
	Período de avaliação				Período de avaliação			
	P 0	P 1	P 2	Médias	P 0	P 1	P 2	Médias
0	8,93	9,28	9,63	9,28 a	1,18	1,09	1,12	1,13 a
250		9,33	9,25	9,17 a		1,13	1,13	1,15 a
500		9,10	8,98	9,00 a		0,97	1,03	1,06 a
Médias		9,24 A	9,29 A			1,06 A	1,09 A	
C.V. (%)	4,11				7,32			
	“Ratio” (SST/AT)				Porcentagem de suco (%)			
	Período de avaliação				Período de avaliação			
	P 0	P 1	P 2	Médias	P 0	P 1	P 2	Médias
0	7,56	8,51	8,68	8,25 a	52,93	55,88	52,17	53,66 a
250		8,31	8,26	8,04 a		57,16	52,89	54,33 a
500		9,42	8,81	8,60 a		55,64	48,41	52,33 a
Médias		8,75 A	8,58 A			56,23 A	51,16 A	
C.V. (%)	9,11				10,88			
	Ácido ascórbico (mg 100 mL ⁻¹ suco)							
	Período de avaliação							
	P 0	P 1	P 2	Médias				
0	52,00	49,00	50,42	50,47 a				
250		51,75	47,77	50,51 a				
500		51,00	48,26	50,42 a				
Médias		50,58 A	48,82 A					
C.V. (%)	3,91							

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

P0 = Caracterização; P1 = Desverdecimento a 25°C; P2 = Comercialização (3 dias a 25°C)

2.3.7 Experimento 7 – Conservação pós-colheita após desverdecimento em câmara

De modo geral, observou-se que houve uma evolução da cor durante o desverdecimento dos frutos em ambas variedades, porém, com muito menor intensidade nos frutos não tratados (Figuras 30 e 31). Também houve pequeno incremento do índice de cor durante o armazenamento refrigerado e na comercialização simulada. Resultados semelhantes foram obtidos por Abad et al. (2003), que também verificaram a evolução da cor após a retirada dos frutos da câmara. Esse contínuo incremento pode estar relacionado com a atividade da clorofilase, onde foi observado atividade durante a refrigeração e posterior comercialização (Figuras 32 e 33).

Segundo Salvador et al. (2002), os frutos continuam no processo de mudança da coloração logo após a retirada dos frutos do armazenamento refrigerado. Mais especificamente com tangores ‘Murcott’, Castro; Ferreira e Yotsuyanagi (1991) observaram que durante o armazenamento refrigerado também houve aumento nos valores de a e b, conferindo às frutas predominância da cor laranja-avermelhada.

A aplicação de etileno melhorou os parâmetros de cor da laranja ‘Pêra’, tornando sua aparência mais atraente, sem comprometer significativamente os outros atributos químicos e físico-químicos durante o armazenamento refrigerado da fruta (OLIVEIRA et al., 2002).

A vantagem das maiores concentrações de etileno e do maior tempo de exposição das frutas ao regulador vegetal é o rápido aumento do índice de cor, ou seja, um melhor desverdecimento. Entretanto, altas concentrações de etileno, associadas ao tempo longo de exposição, podem predispor as frutas à incidência de podridão, considerando que, após 30 dias de armazenamento, 12% das frutas tratadas com etileno a $1,0 \text{ L m}^{-3}$, durante 5 dias, apresentaram podridão causada por *Penicillium digitatum* (dados não apresentados). Além disso, este tratamento longo com etileno pode não ser viável economicamente, considerando a necessidade de rápida comercialização e movimentação da fruta no mercado, principalmente em caso de exportação. Assim, o período de 5 dias de tratamento com etileno não é recomendado.

Tem sido reportado que a aplicação de etileno pode promover também reações indesejáveis, como o aumento dos níveis respiratórios, incremento na produção de compostos voláteis indesejáveis e aumento da susceptibilidade dos frutos a patógenos (GRIERSON; COHEN; KITAGAWA, 1986). Smilanick; Mansour e Sorenson (2006) observaram que a aplicação de etileno por 120 horas acima da concentração de $0,5 \text{ L m}^{-3}$ aumentou o índice de podridão de frutos cítricos.

Figura 30 – Efeito da aplicação de etileno no índice de cor da região do pedúnculo (A) e região equatorial (B) de tanger 'Murcott' submetido a diferentes concentrações e tempos de exposição ao etileno. (Armazenamento = 30 dias a 5°C; Comercialização = 3 dias a 25°C). As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Figura 31 – Efeito da aplicação de etileno no índice de cor da região equatorial de laranja ‘Valência’ submetida a diferentes concentrações e tempos de exposição ao etileno. (Armazenamento = 30 dias a 5°C; Comercialização = 3 dias a 25°C). As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Observou-se que o aumento na atividade da clorofilase dos frutos tratados com etileno colaborou para a redução no teor de clorofila das duas variedades, durante os períodos avaliados, e que a atividade da enzima dos frutos do controle manteve-se baixa, conferindo maior teor de clorofila (Figuras 32 e 33).

Tem sido relatado por produtores de tanger ‘Murcott’ que a região do pedúnculo do fruto não desverdece facilmente. Segundo Castro; Ferreira e Yotsuyanagi (1991), a desuniforme coloração natural do tanger ‘Murcott’ após a colheita é um dos pontos que prejudica a comercialização. Verificando a atividade da clorofilase dessa variedade, no presente trabalho, observou uma menor atividade dessa enzima em comparação com a variedade ‘Valência’ (Figuras 32A e 33A). Possivelmente, esse fato deve estar relacionado com essa manutenção da coloração verde da região do pedúnculo. John-Karupiah e Burns (2010) demonstraram que duas variedades de frutas cítricas (‘Fallglo’ e ‘Lee x Orlando’) tiveram comportamento diferente quando submetidos ao

processo de desverdecimento, e isso esteve relacionado com a atividade da enzima clorofilase.

Segundo Trebitsh; Goldschmidt e Riov (1993), a exposição de frutos cítricos ao etileno exógeno induz inúmeras mudanças fisiológicas e bioquímicas, incluindo aumento da atividade de clorofilase, conforme verificado no presente trabalho.

Trabalhando com tangerinas 'Satsuma' (*Citrus unshiu*), Azuma et al. (1999) também verificaram que a aplicação de etileno promoveu o desverdecimento correlacionado com o aumento da atividade da clorofilase, enquanto frutos não tratados apresentaram baixa atividade enzimática.

Cuquerella et al. (2004) afirmam que as clorofilas se degradam paulatinamente ao sofrer o processo de oxidação enzimática estimulada pela presença de etileno, podendo ser simultânea ou independente da concentração de alguns carotenóides presentes, que inicialmente se transformam em outros a às vezes sintetizam outros carotenóides, e que dependendo da variedade pode ser mais ou menos intensa.

Observou-se, a partir das figuras 34 e 35, que o conteúdo de carotenóides de tangor 'Murcott' e laranja 'Valência', respectivamente, não sofreu alterações significativas.

Sabe-se que a coloração natural dos frutos cítricos consiste em duas fases: a degradação da clorofila e a biossíntese de carotenóides. O etileno participa de ambas as fases. Primeiramente estimulando a quebra das clorofilas e, posteriormente, promovendo a biossíntese de carotenóides. A síntese de carotenóides, mais especificamente a síntese de β -citaurina, é sensível à temperatura, e a acumulação desse carotenóides é reduzida na temperatura do processo de desverdecimento, que fica em torno de 25°C (PURVIS; BARMORE, 1981).

Mesmo com o aumento do índice de cor, ou seja, a coloração da casca ficando mais alaranjada, não houve aumento no teor de carotenóides totais. Isso pode indicar que, na realidade, enquanto a clorofila estava presente e intacta na casca dos frutos, os pigmentos carotenóides estavam mascarados, e à medida que ela foi sendo degradada, os pigmentos amarelos e laranjas, dentre eles violaxantina e β -citaurina, foram sendo revelados.

Figura 32 – Atividade de clorofilase (A) e teor de clorofila (B) da região do pedúnculo de tanger 'Murcott' submetido a diferentes concentrações e tempos de exposição ao etileno. (Armazenamento = 30 dias a 5°C; Comercialização = 3 dias a 25°C). As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4). UE = unidade da atividade enzimática definida pela mudança de 0,01 na absorbância a 663 nm por minuto

Figura 33 – Atividade de clorofilase (A) e teor de clorofila (B) da região equatorial de laranja 'Valência' submetida a diferentes concentrações e tempos de exposição ao etileno. (Armazenamento = 30 dias a 5°C; Comercialização = 3 dias a 25°C). As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4). UE = unidade da atividade enzimática definida pela mudança de 0,01 na absorbância a 663 nm por minuto

Os baixos acúmulos de carotenóides observados por Wills et al. (1981) nos frutos cítricos submetidos à temperatura de 26°C, reforçam a hipótese de que a formação máxima de carotenóides na casca desses frutos ocorre na faixa de temperatura de 15 a 23°C.

Figura 34 – Teor de carotenóides da região do pedúnculo de tangerina 'Murcott' submetido a diferentes concentrações e tempos de exposição ao etileno. (Armazenamento = 30 dias a 5°C; Comercialização = 3 dias a 25°C). As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Figura 35 – Teor de carotenóides da região equatorial de laranja 'Valência' submetida a diferentes concentrações e tempos de exposição ao etileno. (Armazenamento = 30 dias a 5°C; Comercialização = 3 dias a 25°C). As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Notou-se que as taxas respiratórias dos frutos logo após a retirada do armazenamento refrigerado foram mais baixas (Figuras 36A e 37A). A baixa temperatura diminui o metabolismo dos frutos, diminuindo assim sua produção de dióxido de carbono.

Para a laranja 'Valência' não foram verificadas diferenças significativas em relação à taxa respiratória para os tratamentos aplicados (Figura 37A). McCollum e Maul (2007) obtiveram resultado semelhante, não tendo observado diferença na atividade respiratória entre os frutos do controle e àqueles que foram submetidos ao tratamento com etileno.

Nas figuras 36B e 37B observam-se a produção de etileno de tangor 'Murcott' e laranja 'Valência', respectivamente, nos diferentes períodos de análise. Observou-se que, após os tratamentos de desverdecimento, todos os tratamentos provocaram elevação na taxa de produção de etileno, com exceção do controle. Abeles; Morgan e Saltveit (1992) e Goldschmidt (1997) também comprovaram que a aplicação exógena de etileno promove incremento na produção de etileno dos frutos cítricos. Após a refrigeração houve redução da taxa de etileno em decorrência do menor metabolismo que os frutos apresentam com a redução da temperatura (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

É importante ressaltar que a baixa atividade respiratória e baixa produção de etileno conferem às frutas maior qualidade durante o armazenamento refrigerado. Os estudos de conservação pós-colheita de frutos cítricos desverdecidos são importantes, pois podem determinar a durabilidade da fruta durante o transporte a longas distâncias, como no caso de exportação, e proporcionar o prolongamento do período de comercialização.

Figura 36 – Taxa respiratória (A) e produção de etileno (B) de tanger 'Murcott' submetido a diferentes concentrações e tempos de exposição ao etileno. (Armazenamento=30 dias a 5°C; Comercialização=3 dias a 25°C). As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Figura 37 – Taxa respiratória (A) e produção de etileno (B) de laranja 'Valência' submetida a diferentes concentrações e tempos de exposição ao etileno. (Armazenamento=30 dias a 5°C; Comercialização=3 dias a 25°C). As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Houve o aumento do teor de acetaldeído e etanol para as duas variedades estudadas (Figura 38). É sabido que o aroma dos frutos cítricos tem sido relacionado ao maior acúmulo de compostos voláteis, dentre eles o etanol e o acetaldeído (COHEN; SHALOM; ROSEMBERG, 1990; KE; KADER, 1990).

No período de desverdecimento houve maior acúmulo de etanol, porém, esse valor não interferiu no sabor e aroma dos frutos. Carvalho et al. (2006) também obtiveram resultados semelhantes, e mesmo sendo observado diferenças entre os tratamentos com e sem aplicação de $0,5 \text{ L m}^{-3}$ de etileno por 48 ou 72 horas a 21°C , em tangerina 'Oronules', os frutos apresentaram sabor e aroma aceitável para sua comercialização.

Durante o armazenamento refrigerado houve queda do teor de etanol, sendo que após o período de comercialização simulada dos frutos em temperatura ambiente houve maior produção de etanol, principalmente para a variedade 'Murcott'. Segundo Salvador et al. (2003), pode haver aumento no teor de etanol após a refrigeração dos frutos cítricos, mas não suficiente para provocar sabor desagradável.

Figura 38 – Produção de acetaldeído e etanol de tangor 'Murcott' (A e C) e laranja 'Valência' (B e D), respectivamente; submetidos a diferentes concentrações e tempos de exposição ao etileno. P0 = caracterização; P1 = Desverdecimento; P2 = Armazenamento (30 dias a 5°C); P3 = Comercialização (3 dias a 25°C). As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Observou-se que não houve diferenças significativas para teor de sólidos solúveis, acidez titulável, “Ratio” e teor de ácido ascórbico (Tabelas 14 e 15). Entretanto, para tangores ‘Murcott’, a porcentagem de suco apresentou diferença significativa entre os tratamentos. Essa diminuição do rendimento em suco, provavelmente, seja devido à perda de água durante o armazenamento refrigerado e comercialização, a qual ocorre em maior proporção da fração pertencente ao suco da fruta, seja pela casca ou pela região do pedúnculo, não sendo consequência dos tratamentos com etileno. Porém, a porcentagem de suco encontrada está acima da considerada adequada para frutos cítricos. Martínez-Jávega et al. (2001) propuseram que o teor de suco deve estar acima de 33%.

Resultados semelhantes foram encontrados por Abad et al. (2003) para tangerinas ‘Afourer’ e ‘E’5’ e laranja ‘Powell’ armazenadas sob refrigeração.

Para laranja ‘Valência’ observou-se que houve diferença significativa para o teor de acidez ao longo das análises, tendo uma queda de 1,26% para 1,04% (Tabela 15). Apesar dessas diferenças, os valores estão dentro dos limites, os quais foram preconizados com acidez entre 1,2 e 0,7% no momento do consumo, dependendo do nível de açúcar (ORTÚZAR; CARMONA; MARTIZ, 1999). A redução na acidez provocou aumento do “Ratio” ao longo dos períodos de análises.

Tabela 14 – Qualidade interna dos frutos de tangor ‘Murcott’ submetidos a diferentes tratamentos¹

Tempo de exposição (horas)	Concentração de C ₂ H ₄ (L m ⁻³)	Teor de sólidos solúveis (°Brix)					Acidez Titulável (% ácido cítrico)				
		Período de avaliação					Período de avaliação				
		P 0	P 1	P 2	P 3	Médias	P 0	P 1	P 2	P 3	Médias
Controle		10,23	10,78	10,50	10,33	10,46 a	0,65	0,65	0,75	0,60	0,66 a
96 horas	0,5		11,58	10,93	10,60	10,84 a		0,78	0,69	0,64	0,69 a
	1,0		10,75	11,05	11,10	10,78 a		0,70	0,71	0,72	0,70 a
120 horas	0,5		11,23	10,80	10,60	10,72 a		0,69	0,73	0,58	0,66 a
	1,0		10,70	10,73	10,65	10,58 a		0,73	0,74	0,60	0,68 a
Médias			11,01 A	10,80 A	10,66 A			0,71 A	0,72 A	0,63 A	
C.V. (%)		3,85					8,21				
“Ratio” (SST/AT)						Porcentagem de suco (%)					
Período de avaliação						Período de avaliação					
		P 0	P 1	P 2	P 3	Médias	P 0	P 1	P 2	P 3	Médias
Controle		15,78	16,61	14,21	15,64	15,56 a	53,65	50,16	46,62	43,04	48,37 b
96 horas	0,5		14,94	14,51	15,31	14,92 a		56,25	50,62	49,14	52,42 a
	1,0		15,41	15,75	14,87	15,34 a		56,82	49,54	49,24	52,31 a
120 horas	0,5		16,48	14,58	14,77	15,28 a		50,16	47,25	40,45	47,88 b
	1,0		14,69	14,2	14,75	14,55 a		48,66	48,63	44,37	48,83 b
Médias			15,63 A	14,65 A	15,07 A			52,41 A	48,53 B	45,25 C	
C.V. (%)		6,92					4,49				
Ácido ascórbico (mg 100 mL ⁻¹ suco)											
Período de avaliação											
		P 0	P 1	P 2	P 3	Médias					
Controle		19,58	21,68	18,92	20,24	20,11 a					
96 horas	0,5		19,45	20,75	17,75	19,38 a					
	1,0		19,5	20,9	20,2	20,05 a					
120 horas	0,5		21,99	19,26	19,83	20,17 a					
	1,0		22,58	19,44	20,55	20,54 a					
Médias			21,04 A	19,85 A	19,71 A						
C.V. (%)		5,86									

¹ Médias que seguem com a mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não tem diferença significativa (P<0,05) de acordo com o teste de Tukey.

P0 = Caracterização; P1 = Desverdecimento a 25°C; P2 = Refrigeração (30 dias a 5°C); P3 = Comercialização (3 dias a 25°C)

Tabela 15 – Qualidade interna dos frutos de laranja ‘Valência’ submetidos a diferentes tratamentos¹

Tempo de exposição (horas)	Concentração de C ₂ H ₄ (L m ⁻³)	Teor de sólidos solúveis (°Brix)					Acidez Titulável (% ácido cítrico)				
		Período de avaliação					Período de avaliação				
		P 0	P 1	P 2	P 3	Médias	P 0	P 1	P 2	P 3	Médias
Controle		8,93	9,33	9,50	9,18	9,24 a	1,18	1,23	1,14	0,96	1,13 a
96 horas	0,5		9,23	9,20	9,45	9,20 a		1,26	1,06	1,06	1,14 a
	1,0		9,08	9,45	9,03	9,12 a		1,21	1,23	0,97	1,15 a
120 horas	0,5		8,75	9,25	9,28	9,05 a		1,35	1,18	1,03	1,19 a
	1,0		9,00	9,53	10,25	9,43 a		1,27	1,08	1,17	1,18 a
Médias			9,08 A	9,39 A	9,44 A			1,26 A	1,14 A	1,04 B	
C.V. (%)		3,70					7,78				
		“Ratio” (SST/AT)					Porcentagem de suco (%)				
		Período de avaliação					Período de avaliação				
		P 0	P 1	P 2	P 3	Médias	P 0	P 1	P 2	P 3	Médias
Controle		7,56	7,66	8,84	9,57	8,41 a	52,93	52,19	49,85	51,19	51,54 a
96 horas	0,5		7,36	8,80	8,93	8,16 a		54,1	50,07	51,01	52,03 a
	1,0		7,55	7,73	9,31	8,04 a		53,67	54,16	53,03	53,45 a
120 horas	0,5		6,49	7,83	9,07	7,74 a		51,87	54,01	50,44	52,31 a
	1,0		7,13	8,91	8,86	8,12 a		51,90	53,20	50,29	52,08 a
Médias			7,24 B	8,42 A	9,15 A			52,75 A	52,26 A	51,19 A	
C.V. (%)		8,49					9,69				
		Ácido ascórbico (mg 100 mL ⁻¹ suco)									
		Período de avaliação									
		P 0	P 1	P 2	P 3	Médias					
Controle		52,00	49,50	48,38	48,30	49,55 a					
96 horas	0,5		50,74	50,37	49,61	50,68 a					
	1,0		49,25	48,66	45,60	48,88 a					
120 horas	0,5		48,86	49,74	52,50	50,78 a					
	1,0		49,74	49,62	52,36	50,93 a					
Médias			49,62 A	49,35 A	49,67 A						
C.V. (%)		3,87									

¹ Médias que seguem com a mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não tem diferença significativa (P<0,05) de acordo com o teste de Tukey.

P0 = Caracterização; P1 = Desverdecimento a 25°C; P2 = Refrigeração (30 dias a 5°C); P3 = Comercialização (3 dias a 25°C)

2.3.8 Experimento 8 – Desverdecimento após a conservação refrigerada

Nesse experimento verificou o desverdecimento após o armazenamento refrigerado. Foram aplicadas as concentrações de 0,0; 0,5 e 1,0 L m⁻³ de etileno por 96 horas a 25°C.

De modo geral, a aplicação de etileno após a refrigeração foi eficiente em promover incremento no índice de cor nas duas variedades (Figura 39 e 40). Observou-se que não houve diferença entre as duas concentrações utilizadas.

Como esperado, verificou-se que nos frutos que não receberam etileno, a mudança da cor da casca foi menos significativa do que naqueles que estavam sob a ação do etileno. Isto evidencia a importância deste hormônio no processo de desverdecimento dessas variedades.

Não há relatos de estudos relacionados com o desverdecimento após a refrigeração. O que se pode observar é que para essas duas variedades o desverdecimento após o armazenamento refrigerado teve efeito benéfico na melhoria da coloração da casca e pode ser uma alternativa a produtores que não tem infraestrutura para o desverdecimento em sua propriedade.

Vale ressaltar que para a aplicação de etileno é necessário ter boa ventilação na câmara, uma vez que a alta concentração de dióxido de carbono e a baixa concentração de oxigênio são indesejáveis. Isso porque o CO₂ é antagonista do etileno e o O₂ é requerido para a atividade da clorofilase. Outro aspecto a considerar é referente ao controle da umidade, o qual deve estar em torno de 90% para que não ocorra desidratação dos frutos.

Figura 39 – Índice de cor da região do pedúnculo (A) e região equatorial (B) de tangor 'Murcott' submetido a diferentes concentrações de etileno por 96 horas. (Armazenamento=30 dias a 5°C; Comercialização=3 dias a 25°C). As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Figura 40 – Índice de cor da região equatorial de laranja 'Valência' submetida a diferentes concentrações de etileno por 96 horas. (Armazenamento = 30 dias a 5°C; Comercialização = 3 dias a 25°C). As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

O aumento do índice de cor foi proporcional à queda no teor de clorofila (41B e 42B) e ao incremento da atividade da clorofilase (41A e 42A). Sabe-se que o etileno atua sobre os frutos por meio de dois mecanismos. Em primeiro lugar, aumentando a permeabilidade das membranas celulares permitindo que os metabólitos entrem em contato, principalmente com os cloroplastos que contêm os pigmentos, e vacúolos que contêm as enzimas de reações. Em segundo, acelerando a síntese de enzimas, substâncias responsáveis das reações bioquímicas, dentro destas enzimas se encontram as clorofilases, responsáveis pela degradação de clorofilas e as carotenóides sintetases, que são responsáveis pela síntese de carotenóides (AVIÑO, 1995).

Kurata et al. (1999) verificaram que a clorofilase é a enzima-chave para a quebra da clorofila em frutos cítricos, uma vez que a aplicação de etileno acarretou no aumento da atividade da clorofilase e, conseqüentemente, a quebra da cor verde.

Verificou-se que não houve incremento do conteúdo de carotenóides para ambas variedades (Figuras 43 e 44).

Figura 41 – Atividade de clorofilase (A) e teor de clorofila da região do pedúnculo de tanger 'Murcott' submetido a diferentes concentrações de etileno por 96 horas. (Armazenamento = 30 dias a 5°C; Comercialização = 3 dias a 25°C). As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4). UE = unidade da atividade enzimática definida pela mudança de 0,01 na absorbância a 663 nm por minuto

Figura 42 – Atividade de clorofilase (A) e teor de clorofila (B) da região equatorial de laranja 'Valência' submetida a diferentes concentrações de etileno por 96 horas. (Armazenamento = 30 dias a 5°C; Comercialização = 3 dias a 25°C). As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4). UE = unidade da atividade enzimática definida pela mudança de 0,01 na absorbância a 663 nm por minuto

Figura 43 – Teor de carotenóides da região do pedúnculo de tanger 'Murcott' submetido a diferentes concentrações de etileno por 96 horas. (Armazenamento = 30 dias a 5°C; Comercialização = 3 dias a 25°C). As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Figura 44 – Teor de carotenóides da região equatorial de laranja 'Valência' submetida a diferentes concentrações de etileno por 96 horas. (Armazenamento = 30 dias a 5°C; Comercialização = 3 dias a 25°C). As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Em relação à taxa respiratória, nota-se que houve diferença significativa entre os tratamentos para tangor 'Murcott' na análise realizada após o desverdecimento dos frutos (Figura 45A). Os frutos do controle apresentaram menores taxas respiratórias em relação aos frutos tratados com etileno. Para laranja 'Valência' não ocorreu diferença entre os tratamentos (Figura 46A). McCollum e Maul (2007) também obtiveram resultado similar, não tendo observado diferença na atividade respiratória entre os frutos do controle e àqueles que foram submetidos ao tratamento com etileno.

Nas figuras 45B e 46B são mostrados os valores de produção de etileno das variedades 'Murcott' e 'Valência', respectivamente. Houve incremento do etileno proporcional às concentrações aplicadas durante o desverdecimento. Após a comercialização simulada, a produção de etileno diminuiu, não tendo sido observada diferença entre os tratamentos.

Houve maior produção de acetaldeído e etanol em tangor 'Murcott' em comparação com laranja 'Valência', porém essa diferença não foi suficiente para promover sabor e odor estranhos no suco dos frutos (figura 47).

Segundo Luengwilai; Sukjamsai e Kader (2006), para frutos de 'W. Murcott' que foram armazenados sob refrigeração e submetidos à atmosfera com baixa concentração de oxigênio, apresentaram teores de etanol acima de $2000 \mu\text{L L}^{-1}$, enquanto os frutos que se mantiveram em atmosfera normal apresentaram teores em torno de 1000 a $1500 \mu\text{L L}^{-1}$, valor correspondente aos observados no presente trabalho, não acarretando em sabor e odor desagradáveis.

Observou-se, em todos os experimentos, que o conteúdo de etanol para laranja 'Valência' não ultrapassou $1000 \mu\text{L L}^{-1}$. Ke e Kader (1990) observaram que conteúdo de etanol acima desse valor causa sabor e odor estranhos para essa variedade.

Figura 45 – Taxa respiratória (A) e produção de etileno (B) de tanger 'Murcott' submetido a diferentes concentrações de etileno por 96 horas. (Armazenamento = 30 dias a 5°C; Comercialização = 3 dias a 25°C). As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Figura 46 – Taxa respiratória (A) e produção de etileno (B) de laranja ‘Valência’ submetida a diferentes concentrações de etileno por 96 horas. (Armazenamento = 30 dias a 5°C; Comercialização = 3 dias a 25°C). As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Figura 47 – Produção de acetaldeído e etanol de tangor 'Murcott' (A e C) e laranja 'Valência' (B e D), respectivamente; submetidos a diferentes concentrações. P0 = caracterização; P1 = Armazenamento (30 dias a 5°C); P2 = Desverdecimento a 25 °C por 96 horas; P3 = Comercialização (3 dias a 25°C). As barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

Observou-se que a qualidade interna dos frutos não foi afetada pelos tratamentos, nem pelo armazenamento refrigerado (Tabelas 16 e 17).

Tabela 16 – Qualidade interna dos frutos de tangor ‘Murcott’ submetidos a diferentes tratamentos¹

Concentração de C ₂ H ₄ (L m ⁻³)	Teor de sólidos solúveis (°Brix)					Acidez Titulável (% ácido cítrico)				
	Período de avaliação					Período de avaliação				
	P 0	P 1	P 2	P 3	Médias	P 0	P 1	P 2	P 3	Médias
Controle	10,23	10,88	10,75	10,23	10,52 a	0,65	0,66	0,65	0,55	0,63 a
0,5			10,55	10,43	10,52 a			0,61	0,59	0,63 a
1,0			10,58	10,50	10,55 a			0,66	0,61	0,65 a
Médias			10,63 A	10,39 A				0,64 A	0,58 A	
C.V. (%)	2,44									
	“Ratio” (SST/AT)					Porcentagem de suco (%)				
	Período de avaliação					Período de avaliação				
	P 0	P 1	P 2	P 3	Médias	P 0	P 1	P 2	P 3	Médias
Controle	15,78	16,59	16,64	17,62	16,66 a	53,65	49,67	52,13	48,02	50,87 a
0,5			16,26	17,00	16,41 a			51,04	50,38	51,19 a
1,0			16,08	17,18	16,41 a			50,89	49,89	51,03 a
Médias			16,33 A	17,27 A				51,35 A	49,43 A	
C.V. (%)	8,82					2,98				
	Ácido ascórbico (mg 100 mL ⁻¹ suco)									
	Período de avaliação									
	P 0	P 1	P 2	P 3	Médias					
Controle	19,58	18,89	18,47	18,86	18,95 a					
0,5			19,5	19,41	19,35 a					
1,0			18,45	19,71	19,16 a					
Médias			18,81 A	19,33 A						
C.V. (%)	4,70									

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

P0 = Caracterização; P1= Refrigeração (30 dias a 5°C); P2 = Desverdecimento a 25°C; P3 = Comercialização (3dias a 25°C)

Tabela 17 – Qualidade interna dos frutos de laranja ‘Valência’ submetidos a diferentes tratamentos¹

Concentração de C ₂ H ₄ (L m ⁻³)	Teor de sólidos solúveis (°Brix)					Acidez Titulável (% ácido cítrico)				
	Período de avaliação					Período de avaliação				
	P 0	P 1	P 2	P 3	Médias	P 0	P 1	P 2	P 3	Médias
0,0	8,93	9,23	9,28	9,33	9,19 a	1,18	1,09	1,07	0,98	1,08 a
0,5			9,38	9,20	9,19 a			1,02	1,00	1,07 a
1,0			8,53	9,13	8,96 a			0,93	1,08	1,07 a
Médias			9,06 A	9,22 A				1,01 A	1,02 A	
C.V. (%)	3,94					6,25				
	“Ratio” (SST/AT)					Porcentagem de suco (%)				
	Período de avaliação					Período de avaliação				
	P 0	P 1	P 2	P 3	Médias	P 0	P 1	P 2	P 3	Médias
Controle	7,56	8,51	8,70	9,56	8,58 a	52,93	55,88	55,39	50,02	53,56 a
0,5			9,16	9,25	8,62 a			55,10	53,35	54,32 a
1,0			9,21	8,44	8,43 a			54,56	52,92	54,07 a
Médias			9,02 A	9,08 A				55,02 A	52,10 A	
C.V. (%)	6,80					8,81				
	Ácido ascórbico (mg 100 mL ⁻¹ suco)									
	Período de avaliação									
	P 0	P 1	P 2	P 3	Médias					
Controle	52,00	49,00	51,00	47,72	49,93 a					
0,5			51,51	47,72	50,06 a					
1,0			49,47	49,24	49,93 a					
Médias			50,66 A	48,23 B						
C.V. (%)	3,65									

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

P0 = Caracterização; P1= Refrigeração (30 dias a 5°C); P2 = Desverdecimento a 25°C; P3 = Comercialização (3 dias a 25°C)

3 CONCLUSÕES

Com base nos experimentos realizados conclui-se que a concentração de 250 mg L⁻¹ de ethephon é suficiente para o desverdecimento de tangor 'Murcott' e de laranja 'Valência'.

A concentração de 0,5 L m⁻³ de etileno (Etil-5) por 96 horas a 25°C é o melhor tratamento para o desverdecimento das duas variedades.

A aplicação de Etil-5 é mais eficiente que a aplicação de ethephon para o desverdecimento destas duas variedades.

A conservação à baixa temperatura após a aplicação de etileno não interfere no processo de desverdecimento, tornando-se viável a exportação dos frutos desverdecidos.

O desverdecimento após o armazenamento refrigerado tem efeito benéfico na coloração desses frutos cítricos, sendo uma alternativa aos produtores que não tenham infra-estrutura em suas propriedades.

Não são verificadas alterações significativas na qualidade interna dos frutos submetidos aos diferentes métodos de desverdecimento. Os frutos se mantiveram dentro dos padrões de qualidade estabelecidos para o consumo.

REFERÊNCIAS

- ABAD, I.; MARTÍNEZ-JÁVEGA, J.M.; SALVADOR, A.; NAVARRO, P. Aplicación del frío a nuevas variedades de mandarinas y naranjas. **Levante Agrícola**, Valencia, v. 366, p. 236-240, 2003.
- ABBAS, M.F.; JASSIM, A.M.; AL-TAHA, H.A. The effect of ethephon on the ripening of cv Mahaley orange. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 59, n. 1, p. 127-129, 1984.
- ABECITRUS Associação Brasileira Exportadores de Cítricos. **Exportação de Laranja**. Disponível em: <<http://www.abecitrus.com.br>>. Acesso em: 05 jan. 2009.
- ABELES, F.B.; MORGAN, P.W.; SALTVEIT, M.E. Regulation of ethylene production by internal, environmental, and stress factors. In: _____ **Ethylene in Plant Biology**, San Diego, New York: Academic Press, 1992. p. 56-119.
- ABELES, F.B.; MORGAN, P.W.; SALTVEIT, M.E. **Ethylene in plant biology**. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 1997. 414p.
- AGUSTÍ, M.; ALMELA, V. **Aplicación de fitorreguladores en citricultura**. Barcelona: AEDOS Editorial, 1991. 261p.
- ALBRIGO, G. Influências ambientais no desenvolvimento dos frutos cítricos. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS – FISILOGIA, 2., 1992. Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1992. p. 100-106.
- ALÓS, E.; CERCÓS, M.; RODRIGO, M.J.; ZACARÍAS, L.; TALÓN, M. Regulation of color break in citrus fruits. Changes in pigment profiling and gene expression induced by gibberellins and nitrate, two ripening retardants. **Journal Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 54, n. 13, p. 4888-4895, 2006.
- AMAT, S.R. **Defectos y alteraciones de los frutos cítricos en su comercialización**. Almassora: Lit. Nicolau, Castellón, 1988. 153p.
- ARPAIA, M.L. El desverdizado de frutas cítricas. In: POSTHARVEST OUTRECAH PROGRAM. Dept. of Pomology (Ed.). **Maduración de frutos..** University of California, Davis: Academic Press, 1998. 33p.
- ARPAIA, M.L.; KADER, A. Recomendaciones para preservar la calidad postcosecha de los cítricos. **Levante Agrícola**, Valencia, n. 352, p. 239-243, 2000.
- AVIÑO, E.S. La desverdización de frutos cítricos, un processo necessario. **Horticultura Internacional**, Tarragona, v. 9, p. 67-70, 1995.
- AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993. 114p.

AZUMA, R.; KURATA, H.; ADACHI, M.; SHIMOKAWA, K. Degreening of *Citrus unshiu* Fruits via ethylene-induced soluble chlorophyllase. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, Tsushima, v. 67, n. 3, p. 558-562, 1999.

BALDWIN, E.A. Citrus fruit. In: SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. (Ed.). **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1994. p. 255-271.

BLEINROTH, E.W.; SIGRIST, J.M.M.; ARDITO, E.F.G.; CASTRO, J.V.; SPAGNOL, W. A.; NEVES FILHO, L.C. **Tecnologia pós-colheita de frutas tropicais**. 2 ed. Campinas: ITAL, 1992. 203 p. (Manual Técnico, 9).

BORGES, R.S.; PIO, R.M. Comparative study of the mandarin hybrid fruit characteristics: Nova, Murcott and Ortanique in Capão Bonito - SP, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 448-452, 2003.

BRADFORD, M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, San Diego, v. 71, p. 248-254, 1976.

BRADY, C.J. Fruit ripening. **Annual Review of Plant Physiology**, London, v. 38, p.155-178, 1987.

CARVALHO, C.P.; MONTEVERDE, A.; MARTINEZ-JÁVEGA, J.M.; SALVADOR, A. Efecto del tratamiento del desverdización em la calidad de mandarinas 'Oronules' con vistas a la exportación a Japón. **Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha**, Hermosillo, v. 7, n. 2, p. 104-108, 2006.

CARVALHO, C.R.L.; MANTOVANI, D.M.B.; CARVALHO, P.R.N.; MORAES, R.M.M. **Análises químicas de alimentos**. Campinas: ITAL, 1990. 121p. (Manual Técnico).

CASAS, A.; MALLET, D. El color de los frutos cítricos. I. Generalidades. II. Factores que influyen en el color. Influencia de la especie, de la variedad y de la temperatura. **Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, Valencia, v. 28, n. 2, p.185-202, 1988.

CASAS, A.; LLÁCER, J. El color de los frutos cítricos. III. Modificación del color mediante tratamientos pre-recolección. **Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, Valencia, v. 29, n. 2, p. 173-190, 1989.

CASTRO, J.V.; FERREIRA, V.L.P.; YOTSUYANAGI, K. Aplicação pós-colheita de etileno e de ethrel no desverdecimento de tangor murcote. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 13, n. 1, p. 237-242, 1991.

CHIMENTI JUNIOR, H. Tecnologia espanhola e pós-colheita de citros: novas perspectivas para o Brasil. **NOTESALQ**, Piracicaba, n. 10, p. 1, 1997.

CHITARRA, A.B.; CHITARRA, M.I.F. Manejo pós-colheita e amadurecimento comercial de banana. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 6, p. 761-771, 1984.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2.ed. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

COELHO, Y.S. Frutas cítricas importadas no mercado de Salvador/Bahia. **Bahia Agrícola**, Salvador, v. 5, n. 2, p. 29-33, 2002.

COHEN, E.; SHALOM, Y.; ROSENBERGER, I. Postharvest ethanol buildup and off-flavour in 'Murcott' tangerine fruits. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Stanford, v. 115, p. 775-778, 1990.

COSTA, L. Qualidade e pós-colheita de citros. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, n. 180, p. 45-51, 1994.

CUQUERELLA, J. Técnicas y prácticas de desverdización de cítricos producidos en condiciones mediterraneas. **Revista Phytoma**, Valencia, v. 90, p. 106-110, 1997. Apresentado no SIMPOSIO INTERNACIONAL PHYTOMA, 8, 1997. Valencia.

CUQUERELLA, J.; NAVARRO, P.; SALVADOR, A. Respuesta a la desverdización de nuevas variedades de cítricos. **Levante Agrícola**, Valencia, v. 348, p. 263-271, 1999. Especial Postcosecha

CUQUERELLA, J.; MARTÍNEZ-JÁVEGA, J.M.; SALVADOR, A.; MONTEVERDE, A.; NAVARRO, P. Optimización de la aplicación de la técnica de desverdización a mandarinas clementinas. In: MARTÍNEZ, D.; CASTILLO, S.; VALERO, D.; SAYAS, E.; PÉREZ, J.A. (Ed.). CONGRESO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS.2., 2003. Orihuela. **Proceedings...** Orihuela, 2003. v. 2 p. 757-760.

CUQUERELLA, J.; MARTÍNEZ-JÁVEGA, J.M.; MONTEVERDE, A.; NAVARRO, P.; SALVADOR, A. Nuevo sistema de medida de color para cítricos. **Levante Agrícola**, Valencia, v. 372, p. 298-304, 2004. Especial Poscosecha

DAVIES, F.S.; ALBRIGO, L.G. **Citrus**. Wallingford: CAB International, 1994. 254p.

DAVIS, P.L.; CHACE JUNIOR, W.G. Determination of alcohol in citrus juice by gás chromatographic analysis of headspace. **HortScience**. Alexandria, v. 4, n. 2, p. 117-119, 1969.

DELLAPENNA, D.; POGSON, B.J. Vitamin synthesis in plants: tocopherols and carotenoids. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 57, p. 711-738, 2006.

DOMINGUES, M.C.S; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D. Indução do amadurecimento de frutos cítricos em pós-colheita com a aplicação de ethephon. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 555-558, 2001.

DOU, H.; JONES, S.; LEE, J.; RITENOUR, M. Alternative degreening of 'Fallglo' tangerines. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Tallahassee, v. 117, p. 392-395, 2004.

EL-ZEFTAWI, B.M. Chemical and temperature control of rind pigment of citrus fruits. **Proceedings Internacional Society Citriculture**, Valencia, p. 33-36, 1978.

FIGUEIREDO, J.O. Variedades comerciais. In: RODRIGUES, O.; VIÉGAS, F.; POMPEU JÚNIOR, J.; AMARO, A. S. (Ed.). **Citricultura brasileira**. 2 ed. Campinas: Fundação Cargill, v. 1, 1991. p. 228-264.

FISHER, M.; MONSELISE, S.P. The use of ethephon (2-chloroethylphosphonic acid) to promote color development of Shamouti orange fruit. **Israel Journal of Agriculture**, Rehovot, v. 21, p. 67, 1971.

FRASER, P.D.; BRAMLEY, P.M. The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids. **Progress in Lipid Research**, Oxford, v. 43, p. 228-265, 2004.

FUCHS, Y.; COHEN, A. Degreening of citrus fruit with ethrel (Amchem 66-329). **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 94, n. 6, p. 617-618, 1969.

GAYET, J.P.; BLEINROTH, E.W.; MATALLO, M.; GARCIA, E.E.C.; GARCIA, A.E.; ARDIDO, E.F.G.; BORDIN, M.R. **Tomate para exportação**: procedimentos de colheita e pós-colheita. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1995. 34p.

GILFILLAN, I.M.; STEVENSON, J.A.; SAUNT, J.E.; STANTON, D.A. Degreening of 'Navel' and 'Tamango' oranges with ethrel. **Proceedings Internacional Society Citriculture**, Valencia, v. 2, p. 514-517, 1984.

GOLDSCHMIDT, E.E. Regulatory aspects of chloro-chromoplast interconversions in senescing Citrus fruit peel. **Israel Journal of Botany**, Jerusalem, v. 37, n. 2/4, p. 123-130, 1988.

GOLDSCHMIDT, E.E. Ripening of Citrus and other non-climateric fruits: effects of ethylene and other plant hormones. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PLANT BIOREGULATORS IN FRUIT PRODUCTION, 8., 1997. Valencia. **Proceedings...** Valencia: I.S.H.S, 1997. p. 1-14.

GOLDSCHMIDT, E.E.; GALILI, D. The fate endogenous gibberellins and applied radiative gibberellin A3 during natural and ethylene-induced senescence in *Citrus* peel. **Plant and Cell Physiology**, Tokyo, v. 15, n. 3, p. 485-491, 1974.

GOLDSCHMIDT, E.E.; HUBERMAN, M.; GOREN, R. Probing the role of endogenous ethylene in the degreening of citrus fruit with ethylene antagonists. **Plant Growth Regulatory**, Dordrecht, v. 12, n. 3, p. 325-329, 1993.

GRIERSON, W.; COHEN, E.; KITAGAWA, H. Degreening. In: WARDOWSKI, W.F.; NAGY, S.; GRIERSON, W. (Ed.). **Fresh citrus fruit**. Wesport: AVI Publishing, 1986. p. 253–274.

HARPAZ-SAAD, S.; AZOULAY, T.; ARAZI, T.; BEN-YAAKOV, E.; METT, A.; SHIBOLETH, Y.M.; HORTENSTEINER, S.; GIDONI, D.; GALON, A.; GOLDSCHMIDT, E.E. et al. Chlorophyllase is a rate-limiting enzyme in chlorophyll catabolism and is posttranslationally regulated. **Plant Cell**, Stanford, v. 19, p. 1007-1022, 2007.

HEARN, C.J. Degreening, color-add and storage of 'Ambersweet' orange fruit. **Proceedings of Florida State Horticultural Society**, Orlando, v. 103, p. 259-260, 1990.

HENRIQUE, C.M.; CEREDA, M.P. Uso de ethephon e fécula de mandioca na conservação pós-colheita de limão 'Siciliano'. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 99-106, 2007.

HIRSCHBERG, J. Carotenoid biosynthesis in flowering plants. **Current Opinion Plant Biology**, Jerusalém, v. 4, n. 3, p. 210-218, 2001.

IBGE. **Dados de Previsão de Safra – Brasil – abril de 2010**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/prevsaf/default.asp?t=4&z=t&o=25&u1=1&u2=1&u3=1&u4=1>>. Acesso em: 07 jun. 2010.

IGLESIAS, D.J.; TADEO, F.R.; LEGAZ, F.; PRIMO-MILLO, E.; TALON, M. In vivo sucrose stimulation of colour change in citrus fruits epicarps: Interactions between nutritional and hormonal signals. **Plant Physiology**, Stanford, v. 112, p. 244-250, 2001.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. **Banco de dados de 2005**. IEA. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/ibcoiea.php>>. Acesso em: 05 fev. 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL. **Identidad y calidad de los alimentos frutihortícolas**. Mendoza: INTI, 1987. v. 2, 209p.

JACOB-WILK, D.; HOLLAND, D.; GOLDSCHMIDT, E.E.; RIOV, J.; EYAL, Y. Chlorophyll breakdown by chlorophyllase: isolation and functional expression of the Chlase1 gene from ethylene-treated citrus fruit and its regulation during development. **Plant Journal**, Oxford, v. 20, p. 653-661, 1999.

JACOMINO, A.P.; MENDONÇA, 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.

JAHN, O.L. Degreening citrus fruit with postharvest applications of (2-chloroethyl) phosphonic acid (ethephon). **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 98, n. 3, p. 230-233, 1973.

JIMENEZ-CUESTA, M.; CUQUERELLA, J.C.; MARTINEZ-JAVEGA, J.M. **Teoría y práctica de la desverdización de los cítricos**. Madrid: INIA, 1983. 22p. (INIA. Hoja Técnica, 46).

JOHN-KARUPPIAH, K.; BURNS, J.K. Degreening behavior in 'Fallglo' and 'LeexOrlando' is correlated with differential expression of ethylene signaling and biosynthesis genes. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 58, p. 185-193, 2010.

KADER, A.A.; ARPAIA, M.L. Postharvest handling system: subtropical fruits. In: KADER, A.A. (Ed.) **Postharvest technology of horticultural crops**. 2nd ed. Oakland: University of California, 1992. p. 233-240.

KE, D.; KADER, A.A. Tolerance of 'Valencia' oranges to controlled atmosphere as determined by physiological responses and quality attributes **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Stanford, v. 12, p. 779-783, 1990.

KNEE, M.; TSANTILI, E.; HATFIELD, G.S. Promotion and inhibition by ethylene of chlorophyll degradation in orange fruits. **Annals of Applied Biology**, Cambridge, v. 113, n. 1, p. 129-135, 1988.

KOBAYASHI, H. Differentiation of amyloplasts and chromoplasts. In: BOGORAD, L.; VASIL, I.K. (Ed.). **The Photosynthetic Apparatus: molecular biology and operation**. San Diego: Academic Press, 1991. p. 395-415.

KORBAN, S.S. Influence of growth regulators on fruit plant growth and development. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 15., 1998. Poços de Caldas. **Conferências...** Poços de Caldas: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1998. p. 56-81.

KURATA, H.; ITO, T.; ADACHI, M.; SHIMOKAWA, K. Ethylene-enhanced chlorophyll catabolism in *Citrus unshiu* fruit: effects of inhibitors on the activity of enzymes involved in type I reactions. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, Tsushima, v. 68, n. 4, p. 825-829, 1999.

LAAMIN, M.; AIT-OUBAHOUR, A.; BENICHO, M. Effect of 1-methylcyclopropene on the quality of clementine mandarin fruit at ambient temperature. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, Chicago, v. 3, n. 1, p. 34-36, 2005.

LIEGEOIS, S.; PONS, J.; JUAN, M.; ALMELA, V.; AGUSTÍ, M. Effects of various treatments on the maturation process in 'Marisol' mandarin (*Citrus reticulata* Blanco). **Fruits**, Paris, v. 50, n. 2, p. 117-124, 1994.

LICHTENTHALER, H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods Enzymology**, Pasadena, p. 350-382, 1987.

LUENGWILAI, K.; SUKJAMSAI, K.; KADER, A.A. Responses of 'Clemenules clementine' and 'W. Murcott' mandarins to low oxygen atmospheres. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 44, p. 48–54, 2007.

MARTÍNEZ-JÁVEGA, J.M.; CUQUERELLA, J.; DEL RÍO, M.A.; NAVARRO, P. Experiencias de tecnología postcosecha para la exportación de cítricos españoles. **Todo Citrus**, Valencia, n. 6, p. 5-14, 1999.

MARTÍNEZ-JÁVEGA, J.M.; CUQUERELLA, J.; DEL RÍO, M.A.; NAVARRO, P. Aplicación de la tecnología postcosecha en la exportación de mandarinas con restricciones cuarentenarias. **Levante Agrícola**, Valencia, n. 355, Especial Postcosecha, p. 107-112, 2001.

MARTÍNEZ-JÁVEGA, J.M.; NAVARRO, P.; MONTEVERDE, A.; CUQUERELLA, J. Optimización del manejo de clementinas tempranas con vistas a la exportación a Japón. In: SIMPOSIO IBÉRICO, MADURACIÓN Y POSTCOSECHA, 4., 2004. Oeiras. **Actas...Oeiras**, 2004. p. 285-290.

MASAYA, K.; YOSHINORI, I.; HIKARU, M.; MINORU, S.; HIROSHI, H.; MASAMICHI, Y. Accumulation of carotenoids and expression of carotenoid biosynthetic genes during maturation in citrus fruit. **Plant Physiology**, Stanford, v. 134, p. 824–837, 2004.

MATSUMOTO, H.; IKOMA, Y.; KATO, M.; NAKAJIMA, N.; HASEGAWA, Y. Effect of postharvest temperature and ethylene on carotenoid accumulation in the flavedo and juice sacs of Satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) fruit. **Journal Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 57, n. 11, p. 4724-4732, 2009.

MAZZUZ, C.F. **Calidad de frutos cítricos**: manual para su gestion desde la recoleccion hasta la expedicion. Barcelona: Ediciones de Horticultura, 1996. 317p.

McCOLLUM, G.; MAUL, P. 1-Methylcyclopropene inhibits degreening but stimulates respiration and ethylene biosynthesis in grapefruit. **HortScience**, Alexandria, v. 42, n. 1, p. 120-124, 2007.

MONSELISE, S.P.; The use of growth regulators in citriculture: a review. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, n. 11, p. 151-162, 1979.

MOTA, R.V.; BASSINELLO, P.Z.; MELOTTO, E.; CASTRO, P.R.C. Desverdecimento e conservação em pós-colheita de frutos de kunquat (*Fortunella margarita*, Swingle) em resposta a tratamentos com ethephon e cera. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 54, n. 3, p. 241-246, 1997.

MOURÃO FILHO, F.A.A. Importância da adubação da qualidade dos citros. In: SÁ, M.E. de; BUZZETI, S. **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. cap. 6, p.115-131.

NASCIMENTO, L.F.; MEDINA, V.M. Uso do ethephon no desverdecimento de laranjas 'Pera' e 'Baianinha'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 16, n. 3, p. 127-140, 1994.

NAVARRO, P.; CUQUERELLA, J.; MARTÍNEZ-JÁVEGA, J.M.; DE SUÑER, J. Respuesta al tratamiento de desverdización de la nueva variedad de clementina Miro. MARERO, A.; LOBO, G. (Ed.). In: SIMPOSIO NACIONAL Y ;IBÉRICO DE POST-RECOLECCIÓN DE FRUTOS Y HORTALIZAS, 5., 2000.local. **Anais...local**, 2000. p. 20-24.

NAVARRO, P.; MARTÍNEZ-JÁVEGA, J.M.; CUQUERELLA, J; SALVADOR, A.; MONTEVERDE, A. Respuestas a la desverdización de nuevas variedades extratempranas de clementinas. **Levante Agrícola**, Valencia, n. 381, p. 216-221, 2006.

NEVES, M.F.; LOPES, F.F. **Estratégias para a laranja no Brasil**. São Paulo: Editora Atlas, 2005. 225p.

ORTÚZAR, J.; CARMONA, P.; MARTIZ, J. Maduración de cítricos, cambios de calidad y desordenes asociados. **Agronomía y forestal UC**, Santiago, v. 2, p. 27-31, 1999.

OH, S.F.; KIM, Y.Y.; HONG, S.B.; CHUNG, S.K. Effect of postharvest application of ethephon, ethylene and methionine on colour and quality of Satsuma. **Journal of the Korean Society for Horticultural Science**, Suwon, v. 20, n. 2, p. 142-147, 1979.

OLIVEIRA, J.J.V.; TOLEDO, M.C.F.; SIGRIST, J.M.M.; YOTSUYANAGI, K.; ATHIÉ, I. Avaliação da qualidade de laranja pêra após armazenamento com etileno. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 20, n. 2, p. 363-373, 2002.

ORTOLANI, A.A.; PEDRO JUNIOR, M.J.; ALFONSI, R.R. Agroclimatologia e o cultivo dos citros. In: RODRIGUEZ, O.; VIÉGAS, F.; POMPEU JUNIOR, J.; AMARO, A.A. (Ed.). **Citricultura brasileira**. Campinas: Fundação Cargill, v.1, 1991. p.153-195.

PANTASTICO, E.B. **Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables**. Westport: AVI, 1975. 559p.

PARK, S.Y.; YU, J.W.; PARK, J.S.; LI, J.; YOO, S.C.; LEE, N.Y.; LEE, S.K.; JEONG, S.W.; SEO, H.S.; KOH, H.J. The senescence-induced staygreen protein regulates chlorophyll degradation. **Plant Cell and Environment**, Oxford, v. 19, p. 1649-1664, 2007.

PETRACEK, P.D.; MONTALVO, L. The degreening of 'Fallglo' tangerine. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 122, n. 4, p. 547-552, 1997.

PLAZA, P.; SANBRUNO, A.; USALL, J.; LAMARCA, N.; TORRES, R.; PONS, J.; VIÑAS, I. Integration of curing treatments with degreening to control the main postharvest diseases of 'Clementine' mandarins. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 34, p. 29-37, 2004.

POMPEU JUNIOR, J. Rootstocks and scions in the citriculture of the São Paulo. In: INT. CONG. CITRUS NURSERYMEN, 2001. Ribeirão Preto. **Proceedings...** Ribeirão Preto, 2001. p. 75-82.

PONS, J.; ALMELA, V.; JUAN, M.; AGUSTÍ, M. Use of ethephon to promote colour development in early ripening cultivars. **Proceedings of the International Society of Citriculture**, Valencia, v. 1, p. 453-462, 1994.

PORAT, R.; WEISS, B.; CHEN, L.; DAUS, A.; GOREN, R.; DROBY, S. Effects of ethylene and 1-methylcyclopropene on the post-harvest qualities of 'Shamuti' oranges. **Postharvest Biology Technology**, Amsterdam, v. 15, p. 155-163, 1999.

PRUZINSKA, A.; TANNER, G.; ANDERS, I.; ROCA, M.; HORTENSTEINER, S. Chlorophyll breakdown: pheophorbide a oxygenase is a Rieske-type iron-sulfur protein, encoded by the accelerated cell death 1 gene. **Proceedings of the National Academy of Science of the USA**, Stanford, v. 100, p. 5259-5264, 2003.

PURVIS, A.C.; BARMORE, C.R. Involvement of ethylene in chlorophyll degradation in peel of citrus fruits. **Plant Physiology**, Rockville, v. 68, n. 2, p. 854-856, 1981.

RAGONE, M.L. **Efectos del ácido 2-cloroetilfosfónico en frutas de naranja 'Valencia' (*Citrus sinensis* Osbeck) reverdescidas**. Entre Rios: INIA, 1976. 8p. (INIA, Série Notas Técnicas, 13).

RITENOUR, M.A.; MILLER, W.M.; WARDOWSKI, W.W. **Recommendations for Degreening Florida Fresh Citrus Fruits**. Gainesville: University of Florida, 2003. 3p. (Circular 1170).

RODRIGO, M.J. Desverdizado de frutos cítricos. **Terralia**, Madrid, n. 36, p. 60-66, 2003.

RODRIGO, M.J.; ZACARIAS, L. Biosíntesis y regulación de carotenoides durante la maduración de frutos de naranja y efecto de la aplicación de etileno. In: MERODIO, C.; ESCRIBANO, M.I. (Ed.). **Maduración y Post-recolección de frutos y hortalizas**. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2003. p. 35-40.

RODRIGO, M.J.; ZACARIAS, L. Effect of postharvest ethylene treatment on carotenoid accumulation and the expression of carotenoid biosynthetic genes in the flavedo of orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 43, p. 14-22, 2007.

RODRIGUEZ, O. Ecofisiologia dos citros. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do fosfato, 1987. 249p.

RYALL, A.L.; LIPTON, W.J. **Handling, transportation and storage of fruits and vegetables**. 2nd ed. Westport: AVI, 1979. v.1, 560p.

SALVADOR, A. **Estudio de la aptitude para la desverdización de nuevas variedades de mandarinas y naranjas**. 1999. 193p. Tesis (Doctoral) - UPV. Depto. Tecnología de Alimentos, Universidade Politecnica de Valencia, 1999.

SALVADOR, A.; MONTEVERDE, A.; NAVARRO, P.; CUQUERELLA, J. Adecuación de las técnicas de desverdización a nuevas variedades de cítricos y tipos de comercialización. In: MERODIO, C.; ESCRIBANO, M.I. (Ed.). **Maduración y Post-recolección de frutos y hortalizas** Madrid: Consejo Superior de Investigación científicas, 2003. p. 311-318.

SALVADOR, A.; MONTEVERDE, A.; VÁZQUEZ, D.; CUQUERELLA, J.; NAVARRO, P. Desverdización de frutos cítricos con destino a países de ultramar. **Levante Agrícola**, Valencia, n. 361, p. 238-244, 2002.

SANDMANN, G. Carotenoid biosynthesis and biotechnological application. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, New York, v. 385, p. 4-12, 2001.

SARTORI, I.A.; KOLLER, O.C.; SCHWARZ, S.F.; BENDER, R.J.; SCHAFER, G. Maturação de frutos de seis cultivares de laranjas-doces na depressão central do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 364-369, 2002.

SCHECHTER, S.; GOLDSCHMIDT, E.E.; GALILI, D. Persistence of (14C) gibberellin A3 and (3H) gibberellin A1 in senescing, ethylene treated citrus and tomato fruit. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v. 8, n. 3, p. 243-253, 1989.

SECEX. Secretaria do Comércio Exterior. **Dados de exportação brasileira em 2009**. Alice Web. Disponível em: < <http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br/>>. Acesso em: 07 jun. 2010.

SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO DE SÃO PAULO. **Safrá paulista de laranjas deve atingir 318,6 milhões de caixas**. 04/11/2010. Disponível em: <<http://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/lenoticia.php?id=212641&c=5001&q=Safrá+paulista+de+laranjas+deve+atingir+318,6+milh%F5es+de+caixas>>. Acesso em: 05 nov. 2010.

SHAMAILA, M.; POWRIE, W.D.; SKURA, B.J. Sensory evaluation of strawberry fruit stored under modified atmosphere packaging (MAP) by quantitative descriptive analysis. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 57, p. 1168-1172, 1992.

SHEMER, T. A.; HARPAZ-SAAD, S.; BELAUSOV, E.; LOVAT, N.; KROKHIN, O.; SPICER, V.; STANDING, K.G.; GOLDSCHMIDT, E.E.; EYAL, Y. Citrus chlorophyllase dynamics at ethylene-induced fruit color-break: a study of chlorophyllase expression, posttranslational processing kinetics, and in situ intracellular localization. **Plant Physiology**, Rockville, v. 148, p. 108-118, 2008.

SHIMOKAWA, K.; SHIMADA, S.; YAEIO, K. Ethylene-enhanced chlorophyllase activity during degreening of *Citrus unshiu* Marc. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 8, n. 2, p. 129-135, 1978.

SINCLAIR, W.B. **The biochemistry and physiology of the lemon and other citrus fruits**. Oakland: University of California, 1984. 946p.

SMILANICK, J.L.; MANSOUR, M.F.; SORENSON, D. Pre- and Postharvest treatments to control green mold of citrus fruit during ethylene degreening. **Plant Disease**, Davis, v. 90, n. 1, p. 89-96, 2006.

SPÓSITO, M.B. ; BASSANEZI, R.B. Problemas sanitários na pós-colheita para a exportação de frutas cítricas e métodos de controle. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE DE DOENÇAS DE PLANTAS: PATOLOGIA PÓS-COLHEITA DE FRUTOS E HORTALIÇAS, 2., 2002. Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. p. 79-83.

SPÓSITO, M.B.; JULIANETTI, A.; BARBASSO, D.V. Determinação do índice de cor mínimo necessário para a colheita de laranja doce Valência a ser submetida ao processo de desverdecimento. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 21, n. 2, p. 373-379, 2006.

STEWART, I.; WHEATON, T.A. Carotenoids in citrus: their accumulation induced by ethylene. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 20, n. 2, p. 448-449, 1972.

SAUNT, J. **Citrus varieties of the world**. Oslo: Sinclair International, 1990. p. 9-58.

TANAKA, A.; ITO, H.; TANAKA, R.; YOSHIDA, N.K.; OKADA, K. Chlorophyll a oxygenase (CAO) is involved in chlorophyll b formations from chlorophyll a. **Plant Biology**, Stuttgart, v. 95, p. 12719-12723, 1998.

THOMSON, W.W.; WHATLEY, J.M. Development of nongreen plastidis. **Annual Review of Plant Physiol**, Palo Alto, v. 31, p. 375-394, 1980.

TING, S.V.; ROUSEFF, R.L. **Citrus fruits and their products: analysis y technology**. New York: Marcel Dekker, 1986. 293p.

TOMINAGA, R.; SAKURAI, N.; KURAISHI, S. Brassinolide-induced elongation of inner tissues of segments of squash (*Cucurbita maxima* Duch.) hypocotyls. **Plant Cell Physiology**, Oxford, v. 35, p. 1103-1106, 1994.

TREBITSH, T.; GOLDSCHMIDT, E.; RIOV, J. Ethylene induces *de novo* synthesis of chlorophyllase, a chlorophyll degrading enzyme, in *Citrus* fruit peel. **Plant Biology**, Stuttgart, v. 90, p. 9441-9445, 1993.

TSUCHIYA, T.; OHTA, H.; OKAWA, K.; IWAMATSU, A.; SHIMABA, H.; MASUDA, T.; TAKAMIYA, K.I. Cloning of chlorophyllase, the key enzyme in chlorophyll degradation: finding of a lipase motif and the induction by methyl jasmonate. **Proceedings of the National Academy of Science of the USA**, Stanford, v. 96, p. 15362-15367, 1999.

TUSET, J.J. **Podredumbres de los frutos cítricos**. Valencia:Conselleria d'Agricultura i Pesca. Generalitat Valenciana. 1987. 206p.

VON ELBE, J.H. Colorantes. In: FENNEMA, O.W. **Química de los alimentos**. 2 ed. Zaragoza: Wisconsin – Madison, 2000. cap 10, p.787-799.

WATADA, A.E. Effects of ethylene on the quality of fruit and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 40, n. 5, p. 82-85, 1986.

WILK, D.J.; HOLLAND, D.; GOLDSCHMIDT, E.E.; RIOV, J.; EYAL, Y. Chlorophyll breakdown by chlorophyllase: isolation and functional expression of the Chlase1 gene from ethylene-treated Citrus fruit and its regulation during development. **The Plant Journal**, Oxford, v. 20, n. 6, p. 653-661, 1999.

WILLS, R.H.H.; LEE, T.H.; GRAHAM, D.; McGLASSON, W.B; HALL, E.G. **Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables**. London: The AVI Publishing. 1981. 163p.

WILLSTÄTTER, R.; STOLL, A. Untersuchungen über Chlorophyll, Springer, **Methoden und Ergebnisse**, Berlin, p. 172-187, 1913.

YAMAUCHI, N.; HASHINAGA, S.; ITOO, S. Chlorophyll degradation with degreening of Kabosu (*Citrus sphaerocarpa* Hort ex Tanaka) fruits. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, Tsushima, v. 59, n. 4, p. 869-875, 1991.

YAMAUCHI, N.; AKIYAMA, Y.; KAKO, S.; HASHINAGA, F. Chlorophyll degradation in Wase satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) fruit with on-tree maturation and ethylene treatment. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 71, n. 1/2, p. 35-42, 1997.

YOUNG, R.; JAHN, O.L. De-greening and abscission of citrus fruit with preharvest applications of 2-chloroethyl-phosphonic acid (ethephon), **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Stanford, v. 97, p. 237-241, 1972.

ZHOU, J. ; SUN, C. ; ZHANG, L. ; DAI, X. ; XU, C. ; CHEN, K. Preferential accumulation of orange-colored carotenoids in Ponkan (*Citrus reticulata*) fruit peel following postharvest application of ethylene or ethephon. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 126, p. 229-235, 2010.

ANEXOS

Caracterização

0,5 L m⁻³ por 96 horas a 25°C

**0,5 L m⁻³ por 96 horas a 25°C,
após refrigeração**

Caracterização

0,5 L m⁻³ por 96 horas a 25°C

**0,5 L m⁻³ por 96 horas a 25°C,
após refrigeração**