ALTERAÇÕES ANATÔMICAS E FÍSICO-QUÍMICAS ASSOCIADAS AO ARMAZENAMENTO REFRIGERADO DE PÊSSEGO

ILANA URBANO BRON
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. **BEATRIZ APPEZZATO-DA-GLÓRIA**

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de
São Paulo, para obtenção do título de Mestre em
Ciências, Área de Concentração: Fisiologia e
Bioquímica de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Julho - 2001

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Bron, Ilana Urbano

Alterações anatômicas e físico-químicas associadas ao armazenamento refrigerado de pêssegos / Ilana Urbano Bron. - - Piracicaba, 2001.

66 p. : il.

Dissertação (mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2001.
Bibliografia.

1. Anatomia vegetal 2. Armazenamento refrigerado 3. Distúrbio fisiológico vegetal
4. Pêssego 5. Propriedade físico-química I. Título

CDD 634.25

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

À minha mãe **Ana Maria Urbano**

E a meu pai **Luy Bron**

Por sempre terem me incentivado e apoiado para que eu chegasse até aqui,

E pelo amor, sempre...

Essa conquista também é de vocês!

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus por sempre me guiar pelos melhores caminhos.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, pela possibilidade de realização deste curso.

À Cooperativa Holambra II, em particular aos Eng. Agr. Thimotheus Johannes van de Laar e Fernando de Amorim Mascaro, pela atenção e fornecimento dos frutos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa de estudo.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pelo financiamento da pesquisa.

À Prof^a. Dr^a. Beatriz-Appetzato-da-Glória, pela excelente orientação, extrema dedicação, amizade e confiança em mim depositada.

Ao Prof. Dr. Ângelo Pedro Jacomino, pela co-orientação, amizade, e pelas oportunidades onde sempre aprendi muito.

À Prof^a. Dr^a. Margarida L. R. de Aguiar-Perecin e ao Prof. Dr. Elliot W. Kitajima, a Silvia Marina Cuco e ao Eduardo Alves pelo auxílio na microscopia de fluorescência.

Aos Profs. Dr. Ricardo Alfredo Kluge e Dr. Roberto Antônio Rodella pelas sugestões no trabalho.

À Marli Kasue Misaki Soares, pela paciência nos ensinamento das técnicas do laboratório de Anatomia Vegetal e pela ajuda na confecção das pranchas. Muito Obrigada Marli!

Ao Osvaldo J.S. Soares, pela atenção com a revelação das fotos.

Aos funcionários do Departamento de Ciências Biológicas especialmente a Márcia Regina Telles de Freitas e a Ligia Cristina Coral.

À bibliotecária Silvia Zinly pela revisão das referências bibliográficas.

À minha amiga Adriana Hissae Hayashi, pela revisão final do trabalho. Muito Obrigada Dri!

Ao amigo Silvio Tavares pela ajuda com a análise estatística.

À minha grande amiga Viviane Renata Scalon, pelo auxílio na instalação e análises do experimento e, principalmente, pelo convívio e amizade tão importantes para mim. Muito obrigada Inhóq!

Às minhas amigas do laboratório Juliana Aparecida Fernando, Adriana Hissae Hayashi, Ana Paula Faschoaletto e Patrícia Milan, sempre muito prestativas e atenciosas. Obrigadas meninas!

À minha amiga Raquel Trevizam pela amizade, apoio, companhia, risadas...Valeu Quel!

À minha amiga Alessandra dos Santos Penha pela amizade.

À Tereza Venilha de Andrade Bruno pelas longas conversas que me ajudaram muito não só na realização desse trabalho, mas também em muitas atitudes na minha vida. Muito Obrigada!

Ao Rafael Vasconcelos Ribeiro, por toda compreensão, paciência e ajuda durante o desenvolvimento desse trabalho, e, principalmente, pelo carinho e todo amor nesses ótimos momentos vividos por nós. Obrigada Rafa!

À minha família, em especial a minha tia Yolanda Urbano pela presença sempre tão querida.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	vii
SUMMARY	ix
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.1 AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS.....	15
3.1.1 Perda de matéria fresca	15
3.1.2 Teor de sólidos solúveis totais (SST).....	15
3.1.3 Acidez total titulável (ATT).....	15
3.1.4 Coloração externa.....	16
3.1.5 Firmeza da polpa	16
3.2 INCIDÊNCIA DE PODRIDÃO.....	16
3.3 AVALIAÇÃO VISUAL	16
3.4 AVALIAÇÕES DAS CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS.....	17
3.5 DESCRIÇÃO DOS FRUTOS	18
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
4.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS	20
4.1.1 Perda de matéria fresca	21
4.1.2 Teor de sólidos solúveis totais (SST).....	23

4.1.3 Acidez total titulável (ATT).....	24
4.1.4 Coloração externa.....	26
4.1.5 Firmeza da Polpa.....	30
4.2 INCIDÊNCIA DE PODRIDÃO	33
4.3 AVALIAÇÃO VISUAL.....	35
4.4 CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS.....	38
5 CONCLUSÃO	57
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58

ALTERAÇÕES ANATÔMICAS E FÍSICO-QUÍMICAS ASSOCIADAS AO ARMAZENAMENTO REFRIGERADO DE PÊSSEGOS

Autora: ILANA URBANO BRON

Orientadora: Prof^a. BEATRIZ APPEZZATO-DA-GLÓRIA

RESUMO

A refrigeração é o método mais recomendado para o armazenamento de frutas e hortaliças, estendendo dessa forma o período de comercialização desses produtos. Para que possam ser desenvolvidas técnicas adequadas de armazenamento é necessário o conhecimento do potencial de conservação de cada produto, e até mesmo de cada cultivar. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de conservação de pêssegos das cultivares Aurora-1 e Dourado-2. No primeiro ensaio os frutos foram armazenados a 0, 3 e 6°C por 14, 21, 28 e 35 dias (+ 2 dias de comercialização simulada a 25°C). No segundo experimento os frutos foram armazenados a 0 e 3°C por 7, 14, 21, 28 e 35 dias (+ 2 dias de comercialização simulada a 25°C). O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso em esquema fatorial com quatro repetições de seis frutos. Os frutos foram avaliados quanto às características físico-químicas (perda de matéria fresca, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, coloração externa e firmeza da polpa), e anatômicas. Pêssegos 'Dourado-2' mostraram-se sensíveis ao armazenamento refrigerado. Após 7 dias de armazenamento a 3°C e 14 dias de armazenamento a 0°C, esses frutos apresentaram sintomas de lanosidade caracterizados pela queda brusca na firmeza e ausência de sucosidade na polpa. Anatomicamente, os sintomas no mesocarpo dos frutos foram caracterizados pelo afastamento das paredes de

células adjacentes, acúmulo de substâncias pécticas no interior das células e nos espaços intercelulares e fragmentação nuclear. A exposição dos frutos a temperaturas que causam “chilling” provoca mudanças na atividade de enzimas pectolíticas, levando a um acúmulo de substâncias pécticas desesterificadas de alto peso molecular. Essas substâncias têm capacidade de reter água, formando um gel, o que explica o decréscimo da firmeza e a ausência de sucosidade nos frutos. Pêssegos ‘Aurora-1’ sofreram reduções na firmeza sem comprometer a qualidade dos frutos, podendo ser conservados por até 35 dias a 0 e 3°C. Mesmo ao final do período de armazenamento, as células do mesocarpo não apresentaram alterações típicas da lanosidade. Aos 35 dias de armazenamento a 6°C os frutos de ambas cultivares estavam sobremaduros sem condições de comercialização.

ANATOMICAL AND PHYSICO-CHEMICAL ALTERATIONS ASSOCIATED WITH COLD STORAGE OF PEACHES

Author: ILANA URBANO BRON

Adviser: Prof^ª. BEATRIZ APPEZZATO-DA-GLÓRIA

SUMMARY

Refrigeration is the recommended method to store fruits and vegetables, extending their period of commercialization. To develop adequate techniques for refrigerated storage, it is necessary to understand the conservation potential for each product or even for each cultivar. The objective of the present study was to evaluate the conservation of two peach cultivars (Aurora-1 e Dourado-2). In the first experiment fruits were stored at 0, 3 and 6°C for 14, 21, 28 and 35 days (+ 2 days at 25°C - simulated commercialization). In the second experiment fruits were stored at 0 and 3°C for 7, 14, 21, 28 and 35 days (+ 2 days at 25°C - simulated commercialization). The experiment was a factorial with a completely randomized design with 4 replicates with 6 fruits. Fruits were evaluated for physical-chemical (loss of fresh weight, total soluble solids, total titratable acid, external color and firmness) and anatomical characteristics. Dourado-2 peaches showed sensitivity to refrigerated storage. After 7 days of storage at 3°C or 14 days of storage at 0°C, these fruits showed symptoms of woolliness characterized by a sharp decrease in firmness and low juice content. Anatomically, the symptoms were characterized by a separation of neighboring cell walls, pectin accumulation into the cells and intercellular spaces and nuclear fragmentation. Exposure of fruits to chilling temperatures caused changes in the activity of pectolytic enzymes,

raising the concentration of high molecular weight de-esterified pectin. These substances have the ability to retain water, forming gels, that explains the lack of fruit firmness and apparent juice content. Aurora-1 peaches lost firmness without compromising fruit quality, and they could be conserved for up to 35 days at 0 or 3°C. Even at the end of the storage periods, mesocarp cells did not present typical symptoms of woolliness. After 35 days of storage at 6°C, the fruits of both cultivars were overripe without conditions for commercialization.

1 INTRODUÇÃO

O consumo de frutas tem sido cada vez mais valorizado na dieta alimentar da humanidade. Entre as frutas mais consumidas, o pêssego destaca-se com a oitava produção mundial, atingindo 8,2 milhões de toneladas. No Mercado Comum do Sul (Mercosul), a Argentina é o principal produtor, com 260 mil toneladas, seguida pelo Brasil com aproximadamente 120 mil toneladas (Medeiros & Raseira, 1998).

A produção brasileira está totalmente concentrada no sul e sudeste do país, sendo o Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo os maiores estados produtores (FNP Consultoria & Comércio, 2001). Enquanto a produção do Rio Grande do Sul destina-se à indústria, em São Paulo ela é voltada basicamente para consumo *in natura*.

A cultura tem sazonalidade acentuada; praticamente toda a oferta do pêssego de mesa concentra-se entre outubro e janeiro (FNP Consultoria & Comércio, 1998). As várias técnicas de conservação de produtos hortifrutícolas têm como objetivo o controle desses excedentes de mercado, sem que haja perda da qualidade dos produtos, fazendo com que estes possam ser comercializados fora do pico de safra, mantendo, dessa forma, os preços mais competitivos.

Em pêssegos, que têm alta perecibilidade e comportamento climatérico, o uso da refrigeração tem sido preconizado como método adequado de conservação, estendendo dessa forma o período de comercialização (Gottinari et al., 1998). Os demais métodos são utilizados como complemento à redução da temperatura.

A utilização de baixas temperaturas permite reduzir a velocidade de reações químicas responsáveis pelas alterações no fruto durante o amadurecimento. Além de reduzir o metabolismo do produto, a refrigeração também diminui a perda de umidade e

conseqüente murchamento e reduz a taxa de incidência de deterioração causada, principalmente, por fungos.

O uso de temperaturas baixas durante o armazenamento pode causar distúrbios ou desordens fisiológicas, também conhecidas como “chilling”. Esses distúrbios correspondem a modificações no metabolismo normal que conduzem a diferentes sintomas, os quais reduzem a qualidade dos produtos prejudicando sua comercialização (Kluge et al., 1997). No pêssego o sintoma de “chilling” é caracterizado, principalmente, pela lanosidade, a maior limitação para o armazenamento refrigerado de pêssegos e por esse motivo considerada um fator de importância comercial (Luchsinger & Walsh, 1998). Os frutos com lanosidade não apresentam diferenças superficiais visíveis comparados aos frutos sadios, entretanto são caracterizados por polpa seca e farinhenta, ausência de brilho e sucosidade (Lill et al., 1989).

O método mais eficiente para a prevenção e posterior controle de desordens fisiológicas é a identificação das condições que as induzem e a progressão desse dano durante o armazenamento refrigerado.

O conhecimento do potencial de armazenamento do fruto e também de cada cultivar é essencial para que possam ser desenvolvidas técnicas adequadas para o “packing”, armazenamento e comercialização, orientando produtores e mercadistas na elaboração de uma estratégia pós-colheita eficiente.

O presente trabalho teve por objetivo estudar o efeito de diferentes temperaturas e períodos de armazenamento no potencial de conservação de pêssegos cvs. Aurora-1 e Dourado-2 através do monitoramento das características físico-químicas e anatômicas durante o período de armazenamento e comercialização simulada.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Pêssegos (*Prunus persica* (L.) Batsch) são frutos climatéricos, cujo processo de amadurecimento é tipicamente caracterizado por duas fases: primeiro um ligeiro amolecimento e depois uma pronunciada perda de firmeza provocada por mudanças estruturais na parede celular e lamela média (Orr & Brady, 1993).

A parede celular é formada por microfibrilas de celulose embebidas numa matriz constituída de hemicelulose, proteínas estruturais e pectinas. Entre as paredes de células adjacentes há uma região, conhecida como lamela média, composta basicamente por substâncias pécticas (Cutter, 1987).

As mudanças na textura dos frutos durante o amadurecimento são atribuídas à hidrólise e solubilização das substâncias pécticas (Maness et al., 1992).

Quimicamente as pectinas são polímeros de ácido galacturônico (ácido poligalacturônico), no qual os grupos carboxílicos podem estar esterificados com metanol. Quando os grupos carboxílicos estão ligados ao cálcio formam o pectato de cálcio ou protopectina, que é insolúvel. Com o amadurecimento ocorre liberação do Ca e solubilização das protopectinas, o que tem como consequência o amolecimento da parede celular (Chitarra & Chitarra, 1990).

São duas as principais enzimas responsáveis pela degradação da fração péctica da parede, e principalmente, da lamela média: a pectinametilesterase (PME) e a poligalacturonase (PG) (Gaffe et al., 1994). A atividade da PG aumenta com o amadurecimento. Esta enzima despolimeriza o ácido poligalacturônico, que é insolúvel, formando unidades cada vez menores, que são chamadas pectinas solúveis. A atividade da PME pode aumentar, diminuir ou permanecer constante durante o amadurecimento.

Ela é responsável pela remoção dos grupos metílicos, o que provoca desestruturação e solubilização parcial da pectina (Awad, 1993).

Duas formas de PG, a exo-PG e endo-PG, são encontradas em pêssegos. A endo-PG despolimeriza ao acaso o ácido poligalacturônico, enquanto que a exo-PG retira moléculas de ácido galacturônico não-esterificado da parte terminal da pectina. O efeito isolado da endo-PG no amolecimento do fruto é bem menos pronunciado que o da exo-PG, uma vez que provoca uma degradação limitada da pectina (Awad, 1993).

Enquanto que em pêssegos de caroço preso a atividade da endo-PG é limitada e a solubilização das pectinas é atribuída quase que exclusivamente à exo-PG, em pêssegos de caroço solto, as duas enzimas participam ativamente da despolimerização das pectinas. É por esse motivo que pêssegos de caroço preso e caroço solto diferem quanto à textura. De acordo com Postlmayr et al. (1956), as pectinas de pêssegos de caroço preso sofrem poucas mudanças durante o amadurecimento, enquanto que em pêssegos de caroço solto, toda a protopectina é convertida em pectina solúvel, explicando o maior amaciamento na textura nesse tipo de fruto.

Além da perda de firmeza, várias modificações químicas podem ser associadas ao amadurecimento, como alterações na concentração de sólidos solúveis totais, na coloração e na acidez (Amorós et al., 1989; Tonutti et al., 1996).

Os sólidos solúveis são usados como índice dos açúcares totais em frutos. São responsáveis pela doçura, através do balanço com os ácidos, e indicam o grau de maturação dos frutos. Os sólidos solúveis totais são constituídos por compostos solúveis em água como ácidos, vitamina C, aminoácidos, algumas pectinas e principalmente por açúcares (glicose, frutose e sacarose), que perfazem 65 a 85% do total. Normalmente o teor de sólidos solúveis aumenta com o progresso do amadurecimento devido aos processos de biossíntese ou degradação de polissacarídeos (Botrel et al., 1993; Garcia & Lajolo, 1988). De acordo com Liverani & Cangini (1991), a sacarose é o principal açúcar presente no pêssego maduro.

Os ácidos orgânicos, que se encontram dissolvidos nos vacúolos das células tanto na forma livre, como combinada com sais, ésteres, glicosídeos, contribuem para o sabor (acidez) e odor dos frutos (ácidos voláteis). Os mais abundantes em frutos são o ácido

cítrico e málico, sendo que em pêssegos há predominância do primeiro (Chitarra & Chitarra, 1990). O teor de ácidos orgânicos, com poucas exceções, diminui com a maturação, em decorrência do processo respiratório (Ballod, 1990).

Durante o amadurecimento, a coloração verde, chamada de cor de fundo, vai, gradativamente, dando lugar à amarela e vermelha. Esse fato pode ser atribuído à degradação da clorofila e síntese de carotenóides (xantofila) e flavonóides.

Uma vez iniciado, o amadurecimento conduz à senescência, ou seja, à morte dos tecidos. Assim, para que o período de oferta seja prolongado, é necessária a conservação desse fruto após a colheita, de modo que suas qualidades sejam preservadas até a comercialização.

O armazenamento em baixas temperaturas imediatamente após a colheita é a técnica mais usada para prolongar a conservação dos frutos. Com o abaixamento da temperatura, as reações enzimáticas, principalmente aquelas ligadas à respiração e senescência, ocorrem mais lentamente. A diminuição da atividade respiratória, principal processo fisiológico após a colheita, traz como consequência a minimização das perdas de aroma, sabor, textura, cor e demais atributos de qualidade dos frutos (Chitarra & Chitarra, 1990).

Galindo et al. (1992) e Kluge et al. (1997) afirmam que para o armazenamento refrigerado de pêssegos, as temperaturas geralmente recomendadas são aquelas que variam de -0,5 a 0°C. Nestas condições os frutos podem ser conservados, em média, por 2 a 4 semanas (Chitarra & Chitarra, 1990).

Assim como acontece com a maioria dos produtos hortifrutícolas, o armazenamento refrigerado de pêssegos é limitado por injúrias causadas pelo frio, chamadas de “chilling”, que geralmente se tornam evidentes, em cultivares susceptíveis, após 2 ou 3 semanas em armazenamento sob temperaturas acima do ponto de congelamento (- 0,5°C) e inferiores a 10°C (Lill et al., 1989; Luchsinger & Walsh, 1998). Mesmo não provocando o congelamento das células, a exposição do fruto a temperaturas baixas por um determinado período pode causar uma série de modificações no metabolismo normal que reduzem a qualidade dos produtos.

Os sintomas típicos de “chilling” em pêssegos tornam-se visíveis quando os frutos são transferidos para temperaturas mais altas que permitam seu amadurecimento. São caracterizados pelo escurecimento da polpa, aumento da susceptibilidade a podridões, perda de sabor e aroma característicos e lanosidade (Crisosto et al., 1997; Morris, 1982; Von Mollendorff & De Villiers, 1988a).

Em pêssegos, o “chilling” se expressa principalmente pela lanosidade (Fernández-Trujillo et al., 1998), caracterizada como um distúrbio fisiológico que ocorre durante o amadurecimento do fruto depois de um período de armazenamento em temperaturas inferiores a 8°C (Beuscher & Furmanski, 1978).

A identificação da lanosidade é bastante problemática uma vez que não há diferenças superficiais visíveis entre frutos sadios e frutos lanosos; os sintomas são perceptíveis apenas quando o fruto é aberto, ou seja, o problema não é constatado até que o fruto chegue ao consumidor (Bruhn et al., 1991; Luchsinger & Walsh, 1998).

Outra dificuldade é que o problema só é identificado após a remoção do fruto do armazenamento refrigerado. Em trabalho conduzido por Von Mollendorff et al. (1992a), nenhum sintoma de lanosidade foi observado durante 3 semanas de armazenamento refrigerado a -0,5°C e 3°C, estes só foram visíveis após 2 dias de amadurecimento a 15°C.

O sintoma de lanosidade, que geralmente se expressa na segunda semana de armazenamento, é caracterizado por polpa seca e farinhenta, perda de sabor, brilho e firmeza, e ausência de sucosidade (Lill et al., 1989).

Von Mollendorff & De Villiers (1988b) relatam que pêssegos armazenados a 2°C por 3 semanas apresentaram sintomas de lanosidade após um período de amadurecimento de 12 dias a 10°C. Os mesmos sintomas foram observados por Bramlage (1982), quando os frutos foram conservados por mais de 2 semanas sob temperaturas entre 0 e 5°C.

Galindo et al. (1992), avaliando o armazenamento de pêssegos por períodos de 30-45 dias a temperaturas entre 0 e 5°C, constataram que os frutos geralmente não amadureceram satisfatoriamente quando transferidos para temperatura ambiente. A

maioria destes frutos apresentou lanosidade e também decomposição interna da polpa após 3-4 semanas de armazenamento refrigerado.

Von Mollendorff et al. (1992a) observaram lanosidade em nectarinas Flavortop quando estas foram armazenadas a $-0,5$ ou 3°C por 3 ou 4 semanas. Até 2 semanas de armazenamento nessas condições, nenhum sintoma podia ser observado.

A manifestação dos sintomas causados pelo “chilling” depende da combinação dos fatores temperatura e período de armazenamento a que o fruto fica exposto. O uso prolongado de temperaturas próximas à do congelamento pode resultar em maior incidência de “chilling”. Essa constatação foi confirmada por Von Mollendorff et al. (1992c), quando o armazenamento de nectarinas a $-0,5^{\circ}\text{C}$ por 4 semanas resultou numa maior incidência de lanosidade que o armazenamento por 3 semanas. Além disso, reduzindo o tempo de exposição ao frio durante o armazenamento a reversão da lanosidade pode ocorrer mais rapidamente.

Von Mollendorff & De Villiers (1988a), estudando o efeito de diferentes temperaturas e períodos de armazenamento no desenvolvimento da lanosidade, constataram que durante os três primeiros dias de amadurecimento a 10°C , todos os pêssegos armazenados a 2°C por 21 dias apresentaram lanosidade, enquanto que 75% dos frutos armazenados a $-0,6^{\circ}\text{C}$ desenvolveram o sintoma.

Em experimento conduzido por Von Mollendorff et al. (1992b) apenas 5% das nectarinas armazenadas a $-0,5^{\circ}\text{C}$ apresentaram lanosidade após 4 semanas. Esse número aumentou para 20% quando os frutos permaneceram sob 3°C . Em outro ensaio Von Mollendorff et al. (1992a) verificaram que apesar da lanosidade ter se manifestado mais precocemente nas nectarinas armazenadas a 3°C , os sintomas eram menos severos quando comparados àqueles de frutos armazenados a $-0,5^{\circ}\text{C}$.

Em pesquisas realizadas por Luchsinger & Walsh (1998) e Crisosto et al. (1999), o armazenamento a 0 e 5°C reduziu o conteúdo de suco após 7 dias de armazenamento. Após 27 dias, frutos armazenados a 5°C apresentavam menor conteúdo de suco que aqueles a 0°C , embora os dois estivessem visualmente com sintomas. Além disso, pêssegos armazenados a 0°C apresentaram sintomas de lanosidade mais tardiamente que pêssegos armazenados a 5°C .

Ben-Arie & Sonogo (1980) sugerem que a lanosidade é resultado do desbalanço na atividade de enzimas pectolíticas, quando ocorre aumento da atividade da PME, causando acúmulo de substâncias pécticas com baixo grau de esterificação e redução ou inibição da atividade da PG, não permitindo que essas substâncias sejam degradadas e solubilizadas. Quanto mais susceptível o fruto é ao “chilling”, menor será a atividade da PG durante o armazenamento e amadurecimento (Fernández-Trujillo et al., 1998).

Em última análise, a mudança na textura do fruto é atribuída à presença de substâncias pécticas desesterificadas de alto peso molecular. Esse fato pode ser evidenciado pelo aumento da viscosidade de substâncias pécticas em frutos que apresentam lanosidade (Von Mollendorff & De Villers, 1988b). Essas substâncias pécticas com baixo grau de esterificação têm a capacidade de se ligar à água livre das células, formando gel, resultando dessa forma, na perda da sucrosidade do fruto. Esta relação entre lanosidade e sucrosidade do fruto, pode ser verificada em trabalho conduzido por Von Mollendorf & De Villiers (1988a), no qual a quantidade de suco em frutos que apresentaram lanosidade diminuiu rapidamente quando estes foram transferidos para o amadurecimento, até um mínimo que correspondeu à maior incidência de lanosidade.

O armazenamento refrigerado intensifica a alteração na permeabilidade das membranas celulares, aumentando a quantidade de água e solutos translocados através das células durante o amadurecimento. É esse efluxo de água e solutos nos espaços intercelulares que forma gel com as pectinas de alto peso molecular presentes nesses espaços (Ben-Arie & Lavee, 1971; Von Mollendorff et al., 1989, 1992c).

De acordo com Von Mollendorff et al. (1989), o grau de lanosidade varia durante o amadurecimento, aumentando até um máximo e decrescendo posteriormente.

Von Mollendorff et al. (1992c) verificaram que no segundo dia de amadurecimento a 20°C, 75% das nectarinas armazenadas a -0,5°C por 3 semanas apresentavam lanosidade, enquanto que apenas 18% estavam lanosas no terceiro dia.

A lanosidade pode ser um processo totalmente reversível; isso acontece quando durante o amadurecimento, sua incidência diminui até que nenhum sintoma seja

percebido. Essa reversão ocorre após 2, 3 e 4 dias de amadurecimento a temperatura ambiente (Von Mollendorff et al., 1989, 1992c).

Em trabalho conduzido por Von Mollendorff et al. (1989), a incidência de lanosidade em nectarinas “Independence” armazenadas a $-0,5^{\circ}\text{C}$ por 4 semanas, aumentou no início do amadurecimento a $10-20^{\circ}\text{C}$, até que todos os frutos se tornaram lanosos. Com o progresso do amadurecimento, os sintomas de lanosidade diminuíram até desaparecerem completamente.

A superação da lanosidade durante o amadurecimento é atribuída à degradação das substâncias pécticas e, conseqüentemente, à sua perda da capacidade geleificante (Von Mollendorff et al., 1992a). Quando os frutos são transferidos para temperaturas mais altas, a PG reassume sua atividade, resultando em substâncias pécticas de baixo peso molecular (Pressey & Avants, 1973) que por sua vez não têm capacidade de formar gel (Ben-Arie & Lavee, 1971). A água é liberada dos fragmentos pécticos, aumentando a sucosidade, e o distúrbio não é manifestado (Ben-Arie & Sonogo, 1980).

Existe um período crítico, durante o armazenamento refrigerado, acima do qual a atividade da PG é inibida de maneira irreversível, mesmo quando os frutos são transferidos para temperaturas mais altas. Segundo Ben-Arie & Sonogo (1980), esse período é de 3 semanas a 0°C .

Como a máxima incidência de lanosidade corresponde a menor sucosidade, é de se esperar que, durante o amadurecimento, a porcentagem de suco diminua à medida que aumenta a severidade da lanosidade e, posteriormente, aumente quando a lanosidade diminui (Von Mollendorff et al., 1992 a,c).

A temperatura a que os frutos ficam expostos após o armazenamento refrigerado tem influência na reversão da lanosidade. Von Mollendorff et al. (1992c) afirmam que frutos armazenados a $-0,5^{\circ}\text{C}$ por 3 semanas e amadurecidos a 10°C permaneceram lanosos por um tempo maior que aqueles que amadureceram a 15 e 20°C .

O grau de sensibilidade ao “chilling” está relacionado a vários fatores, entre eles, a cultivar (Anderson, 1979; Crisosto et al., 1999; Hartmann, 1985), ao estágio de maturação no momento da colheita e às práticas culturais que antecedem à colheita (Crisosto et al., 1997; Von Mollendorff et al., 1992b).

Algumas cultivares podem ser conservadas por até 5 semanas a 0 ou 5°C sem apresentar nenhum sintoma de “chilling” (Crisosto et al., 1999) ou por até 8 semanas a 0°C (Robertson et al., 1992). Entretanto, outras já apresentam sintomas após 3 dias de armazenamento refrigerado a 5°C (Crisosto et al., 1999).

Pêssegos imaturos são, geralmente, mais susceptíveis ao “chilling” que pêssegos maduros. Em trabalho conduzido por Fernández-Trujillo et al. (1998), os sintomas de “chilling” que apareceram em frutos mais maduros, após uma semana de armazenamento a 4°C, desapareceram após 3 semanas a 20°C, mostrando que a injúria ainda era reversível.

Segundo Von Mollendorff & De Villiers (1988b), pêssegos mais maduros contêm maior quantidade de pectinas de baixo peso molecular nos espaços intercelulares que, por sua vez, formam menos gel e por isso causam menos lanosidade.

Várias formas de “chilling” podem ser superadas caso os frutos amadureçam um pouco antes do armazenamento (Couey, 1982), uma vez que quanto mais maduros antes do armazenamento refrigerado, menos susceptíveis à lanosidade esses frutos serão durante o amadurecimento subsequente (Bramlage, 1982; Von Mollendorff & De Villiers, 1988b).

O aquecimento intermitente, por permitir um amadurecimento gradual, e conseqüentemente a manutenção da atividade de enzimas pectolíticas durante o armazenamento, é um método usado para minimizar o “chilling” e um dos mais eficientes na minimização da lanosidade (Artés et al., 1996; Lill et al., 1989). Segundo Fernández-Trujillo et al. (1998), quando pêssegos sofreram aquecimento intermitente, as perdas giraram em torno de 3% durante as 4 semanas de armazenamento a 2°C; no armazenamento convencional essas perdas eram de até 70% durante as duas primeiras semanas. Usando essa mesma técnica, Fernández-Trujillo & Artés (1997) conseguiram prolongar o armazenamento de pêssegos em até 2 semanas.

Outro método é o condicionamento por meio de temperatura, que consiste em retardar por um certo tempo a aplicação da refrigeração. Von Mollendorff et al. (1992c) relatam que a porcentagem de nectarinas com lanosidade foi menor quando, antes do armazenamento refrigerado, os frutos foram mantidos por 18 horas à temperatura

ambiente. Os mesmos resultados foram encontrados por Von Mollendorf & De Villiers (1988a) quando os pêssegos foram mantidos por 2 dias a 23°C antes do armazenamento a -0,6 e 2°C.

A atmosfera controlada também pode ser empregada para prevenir a lanosidade (Retamales et al., 1992). Altas concentrações de CO₂ e baixas de O₂ impedem a síntese da PG durante o armazenamento mas permite a recuperação da atividade da enzima durante o amadurecimento (Zhou et al., 2000a)

Características anatômicas

O pêssego é um fruto simples, classificado como uma drupa, isto é, fruto carnoso e indeiscente, geralmente monospermico e sincárpico, caracterizado por epicarpo fino, mesocarpo de consistência carnosa e endocarpo lenhoso (Esau, 1993).

O epicarpo é a camada mais externa proveniente da epiderme inferior da folha carpelar. É constituído de epiderme e colênquima subepidémico. No epicarpo, as células epidérmicas são revestidas por cutícula e apresentam paredes celulares mais espessas e espaços celulares reduzidos quando comparadas com as células que constituem o mesocarpo. Outra característica é a presença de tricomas em abundância.

O mesocarpo, parte comestível, é a camada intermediária proveniente do mesofilo carpelar. É constituído de células parenquimáticas altamente vacuolizadas, com paredes celulares delgadas, entre as quais podem ser observados inúmeros feixes vasculares.

O endocarpo é a camada mais interna proveniente da epiderme superior da folha carpelar que se acha em contato com a semente. Nas drupas é lignificado formando o caroço (Appezato-da-Glória, 1992).

O sistema vascular dos pêssegos, descrito por Ragland (1934), é constituído por cinco grupos principais de feixes vasculares: um feixe dorsal, dois ventrais (ou marginais) e dois funiculares (ou ovulares) responsáveis pelo suprimento direto do óvulo. Os feixes ventrais se ramificam com mais intensidade na metade apical do fruto, enquanto que no feixe dorsal essa tendência é observada na metade basal.

As principais mudanças anatômicas durante o amadurecimento são a degradação da parede celular e lamela média pela ação de enzimas pectolíticas, provocando um amaciamento do tecido, e a transformação de cloroplastos em cromoplastos, o que resulta na modificação da coloração.

Durante o armazenamento refrigerado, alterações indesejáveis na textura dos frutos podem ser associadas aos danos de “chilling”. Anatomicamente, os sintomas de “chilling” em pêssegos se expressam através da expansão dos espaços intercelulares do mesocarpo e acúmulo de substâncias pécticas de alto peso molecular na matriz intercelular (Brovelli et al., 1998).

O aumento dos espaços intercelulares não é atribuído à degradação das paredes celulares, que ao contrário se tornam mais espessas devido à síntese de celulose. A degradação na parede celular só é observada em tecidos apodrecidos pela presença de fungos (Luza et al., 1992).

Segundo Luza et al. (1992), a exposição dos frutos a baixas temperaturas também provoca mudanças ultra-estruturais nas células como dissolução da lamela média, espessamento irregular da parede primária e plasmólise de células do mesocarpo.

Marangoni et al. (1989) observaram que células de tomate que sofreram “chilling” apresentam aumento de volume dos cloroplastos e mitocôndrios, perda de grânulos de amido e desorganização nas lamelas dos cloroplastos. De acordo com os mesmos autores, os cloroplastos são as estruturas citoplasmáticas mais afetadas pelo “chilling”. Essas mudanças ultra-estruturais associadas ao “chilling” podem ser atribuídas à desorganização das membranas dessas organelas. A degradação do tonoplasto permite a liberação de substâncias tóxicas e enzimas que degradam outros componentes celulares.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado nos Departamentos de Ciências Biológicas e Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP, em Piracicaba-SP.

Os pêssegos (*Prunus persica* (L.) Batsch) utilizados no experimento foram das cultivares Aurora-1 e Dourado-2, colhidos em pomar comercial do município de Holambra II-SP. A escolha dessas duas cultivares residuiu nos seguintes motivos:

- são as principais cultivares plantadas no estado de São Paulo. Segundo FNP Consultoria & Comércio (1999), as cultivares Aurora-1 e 2 correspondem a 30% da área cultivada com pessegueiros no estado de São Paulo, enquanto a ‘Dourado-1 e 2’ correspondem a 20% dessa área.
- por serem cultivares de meia estação, sua época de produção coincide com o pico de safra de pêssegos.

No momento da colheita, os frutos foram rigorosamente selecionados quanto ao estágio de amadurecimento (maturidade fisiológica), tamanho do fruto e ausência de defeitos. Imediatamente após a colheita, os frutos foram acondicionados em caixas de papelão e transportados até o Departamento de Produção Vegetal da ESALQ/USP.

Primeiramente, para cada cultivar foram avaliados 12 tratamentos com quatro repetições (parcelas). Foram estudadas 3 temperaturas (0, 3 e 6°C) e 4 períodos de armazenamento refrigerado (14, 21, 28 e 35 dias). Em função das observações do primeiro ensaio, no ano seguinte, foi instalado um segundo ensaio 10 tratamentos, onde foram estudadas 2 temperaturas (0 e 3°C) e cinco períodos de armazenamento (7, 14, 21, 28 e 35 dias).

Cada parcela com 6 frutos foi acondicionada em sacos de polietileno perfurados (Figura 1) e armazenadas em câmaras de refrigeração do tipo B.O.D, marca Marconi, modelo MA 415, previamente ajustadas para as devidas temperaturas. Os sacos de polietileno foram utilizados com o objetivo de criar uma atmosfera saturada de umidade ao redor dos frutos, reduzindo o déficit de pressão de vapor entre os tecidos internos dos frutos e o ambiente de armazenamento, e consequentemente a perda de água por transpiração. Para que a atmosfera no interior dessas embalagens não fosse modificada, alterando assim o metabolismo dos frutos, o saco de polietileno foi perfurado para possibilitar trocas gasosas entre os frutos e a atmosfera de armazenamento.

Figura 1. Embalagem de polietileno utilizada no armazenamento refrigerado de pêssegos. Observar perfurações feitas para permitir trocas gasosas entre os frutos e a atmosfera de armazenamento.

Depois de retirados da câmara de refrigeração os frutos, ainda embalados em sacos de polietileno, foram mantidos a 25°C por 2 dias com o objetivo de simular um período de comercialização.

As avaliações das características físico-químicas dos frutos foram realizadas no momento da instalação do experimento, visando caracterizar o lote experimental, e após cada período de armazenamento, seguido de comercialização simulada.

A quantificação da incidência de podridão e a avaliação visual foram realizadas após cada período de armazenamento, seguido de comercialização simulada.

As amostras do mesocarpo dos frutos para as análises anatômicas foram coletadas no momento da instalação do experimento, na retirada da câmara de refrigeração e após cada período de comercialização simulada.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 3x4, no primeiro ensaio e 2x5 para o segundo ensaio, cada um com 4 repetições de 6 frutos. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância (teste F) e comparação de médias pelo teste de Tukey, considerando-se 5% de probabilidade.

3.1 Avaliação das características físico-químicas

3.1.1 Perda de matéria fresca

Foi determinada pela diferença entre a massa inicial e a massa final da parcela medida em balança eletrônica Gehaka, modelo BG 2000, sendo os resultados expressos em porcentagem da massa inicial.

3.1.2 Teor de sólidos solúveis totais (SST)

Primeiramente 4 frutos de cada parcela experimental foram processados em uma centrífuga para a extração de uma polpa homogênea. Em seguida, uma gota dessa polpa foi colocada no refratômetro ATTO-2WAJ e os resultados expressos em ° Brix.

3.1.3 Acidez total titulável (ATT)

Foram pesados 10g da polpa homogênea utilizada para a determinação dos sólidos solúveis totais. Em seguida essa amostra foi diluída em 90ml de água destilada. A titulação foi feita com solução de hidróxido de sódio (0,1N) até que a solução

atingisse pH 8,1 (ponto de viragem da fenolftaleína). Os resultados foram expressos em % de ácido cítrico na polpa (Carvalho et al., 1990).

Os cálculos foram realizados da seguinte forma:

$$\Rightarrow \text{g de ácido cítrico anidro/100 g} = \frac{\text{ml de NaOH} \times \text{N} \times 64 \times 100}{\text{g de amostra} \times 1000}$$

onde:

N = normalidade da solução de NaOH

64 = equivalente-grama do ácido cítrico anidro

3.1.4 Coloração externa (cor de fundo da epiderme)

Foi determinada com colorímetro Minolta, modelo CR-300, utilizando-se escala “L”, “C”, “h”, iluminante D65. Foram tomadas duas leituras por fruto, em lados opostos de sua região equatorial e os resultados foram expressos em ângulo de cor (h°).

3.1.5 Firmeza da polpa

Foi avaliada com penetrômetro manual Efegi, modelo FT-327 com ponteira 5/16”, tomando-se duas leituras por fruto, em lados opostos de sua região equatorial, onde, previamente, foi retirada a epiderme. Os dados foram expressos em Newton (N), considerando-se a média das duas leituras.

3.2 Incidência de podridão

Frutos com qualquer sintoma típico de ataque de patógenos foram considerados podres. Os resultados foram expressos em percentual de frutos com ocorrência de podridões.

3.3 Avaliação visual

Para a avaliação visual, os frutos foram cortados ao meio, na região da sutura. Os frutos que apresentavam polpa seca, sem sucosidade visível, eram considerados com lanosidade.

3.4 Avaliações das características anatômicas

Amostras retangulares da porção média do mesocarpo foram retiradas paralelamente ao eixo longitudinal do fruto, na região de maior diâmetro, e mediam 3x3mm no plano transversal e 5mm no plano longitudinal (Figura 2).

Para cada tratamento foram avaliadas 2 amostras do mesocarpo de 4 frutos (1 fruto por parcela). As amostras foram fixadas em solução contendo 4% de glutaraldeído, 0,2M de fosfato dipotássio, 0,1M de ácido cítrico monoidratado e 4% de sacarose a pH 7,0 (Luza et al., 1992). Para melhor fixação, as amostras foram submetidas a vácuo para retirada do ar dos tecidos. Seguiu-se a lavagem na solução tampão selecionada (à temperatura ambiente) e desidratação em série alcoólica-etílica, com a adição de 4% de sacarose até álcool 50%. A adição de sacarose ao fixador e ao álcool é realizada para que a concentração osmótica dessas soluções se aproxime a do tecido, uma vez que por ser constituído de células altamente vacuolizadas, este é bastante sensível à plasmólise.

Figura 2. Esquema da retirada das amostras para análises anatômicas.

As amostras desidratadas foram infiltradas com resina glicol metacrilato da Reichert-Jung, seccionadas transversalmente a 5 μ m de espessura, coradas com azul de toluidina 0,05% em tampão fosfato e ácido cítrico (Sakai, 1973) e montadas em resina sintética “Entellan”.

As fotomicrografias foram feitas em fotomicroscópio Nikon AFX-DX, com as escalas micrométricas fotografadas e ampliadas nas mesmas condições ópticas utilizadas.

O corante corifosfina (Biomedical Specialities, Santa Monica, Calif.) foi usado para localização de pectinas. Para visualizar a fluorescência induzida pela corifosfina foi utilizado microscópio de fluorescência Axiophotz-Zeiss com filtros pra excitação azul (450-490 nm) e verde (546 nm).

3.5 Descrição dos frutos (Barbosa, 1999*):

Aurora-1 (IAC 680-179)

Frutos de tamanho médio, 90 a 110g; oblongo, com ápice medianamente saliente; base peduncular estreita e cavidade profunda; sutura nítida, dividindo o fruto em duas partes assimétricas. Pele de coloração de fundo amarela e matriz vermelho-intensa, as vezes em estrias cobrindo 70% da superfície. Polpa bastante firme, amarelo clara, com auréola tênue ao redor do caroço pequeno e preso. Sabor bem agradável, acendualmente doce, baixa acidez; teor de açúcares ao redor de 14° Brix e pH ao redor de 4,6.

Dourado-2 (IAC 976-11)

Frutos graúdos, 120; globuloso-oblongo, com ápice pequeno e afilado, cavidade peduncular de largura e profundidade medianas; sutura pouco nítida, dividindo o fruto em 2 partes simétricas. Pele de coloração amarela, com tonalidade vermelho-escura, aspecto atraente. Polpa bem amarela, vistosa, de textura firme e, ao mesmo tempo sucosa, com ligeira auréola circundando o caroço, que é de tamanho médio a pequeno e solto. Qualidade excelente, com sabor doce-acidulado agradável, teor de açúcares ao redor de 15° Brix e pH 4,0.

*Barbosa, W – Pesquisador do Centro de Fruticultura do IAC. Contato pessoal .

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente serão apresentados os resultados e discussão das análises físico-químicas, incidência de podridão e avaliação visual do primeiro ensaio.

Visto que aos 35 dias de armazenamento a 6°C, os pêssegos de ambas as cultivares estavam sobremaduros, exibindo rachaduras na epiderme, sem condições de comercialização (Figura 3), os frutos mantidos nessas condições não foram passíveis de análise e portanto, esses dados não foram apresentados nas figuras e tabelas correspondentes. Por esse motivo, a temperatura de 6°C não foi considerada no segundo ensaio.

Figura 3. Pêssego ‘Dourado-2’ armazenado por 35 dias a 6°C seguido de 2 dias de comercialização simulada a 25°C. Observar rachaduras na epiderme do fruto (seta).

4.1 Características físico-químicas

Todas as variáveis físico-químicas analisadas alteraram-se em relação aos valores obtidos no momento da colheita. A análise de variância não apresentou interação significativa entre os fatores período e temperatura de armazenamento para nenhuma das variáveis analisadas (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Significância do teste F da análise de variância para os efeitos dos tratamentos sobre as variáveis físico-químicas analisadas em pêssegos ‘Aurora-1’.

Tratamentos e interação	Variáveis analisadas ^x				
	PMF	SST	ATT	CE	FP
	-----Significância de teste F ^y -----				
Período ^z	*	*	*	*	n.s
Temperatura ^z	*	*	n.s	*	n.s
Período x Temperatura	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
Coeficiente de variação (%)	4,97	6,04	8,51	4,62	19,78

^x PMF=perda de matéria fresca; SST=teor de sólidos solúveis totais; ATT=acidez total titulável; CE=coloração externa; FP=firmeza da polpa.

^y n.s=não significativo; *=significativo ao nível de 5% de probabilidade.

^z Período: 14, 21 e 28 dias; Temperatura: 0, 3 e 6°C.

Tabela 2. Significância do teste F da análise de variância para os efeitos dos tratamentos sobre as variáveis físico-químicas analisadas em pêssegos ‘Dourado-2’.

Tratamentos e interação	Variáveis analisadas ^x				
	PMF	SST	ATT	CE	FP
	-----Significância de teste F ^y -----				
Período ^z	*	n.s	*	*	n.s
Temperatura ^z	n.s	*	*	*	*
Período x Temperatura	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
Coeficiente de variação (%)	5,78	4,70	10,46	5,16	17,23

^x PMF=perda de matéria fresca; SST=teor de sólidos solúveis totais; ATT=acidez total titulável; CE=coloração externa; FP=firmeza da polpa.

^y n.s=não significativo; *=significativo ao nível de 5% de probabilidade.

^z Período: 14, 21 e 28 dias; Temperatura: 0, 3 e 6°C.

Isto nos indica que as temperaturas não influenciaram diferentemente as variáveis analisadas ao longo do período de armazenamento e vice-versa.

4.1.1 Perda de matéria fresca

A perda de matéria fresca é provocada pela transpiração, perda de água na forma de vapor, em consequência do déficit de pressão de vapor (DPV) entre os tecidos internos do fruto e o ambiente. Durante o armazenamento, a manutenção de uma umidade relativa alta é o meio mais eficaz de reduzir a perda de água pelos frutos.

Embora a perda de matéria fresca de ambas as cultivares aumentasse com o decorrer do armazenamento (Figuras 4 e 5), para as duas cultivares essa perda foi muito pequena, chegando a valores médios de 4% ao final do período de armazenamento.

Sabe-se que até 5% de perda de matéria fresca, pêssegos não apresentam sinais de murchamento e perda da consistência que comprometam sua qualidade e a comercialização dos mesmos (Kluge et al., 1997).

Essa perda reduzida comprova a eficiência da utilização do saco de polietileno perfurado na manutenção de uma atmosfera saturada ao redor dos frutos e portanto, na redução da transpiração nas condições de armazenamento utilizadas.

Apenas os pêssegos 'Aurora-1' tiveram a perda de peso significativamente influenciada pela temperatura (Tabela 1). Para essa cultivar o armazenamento a 6°C resultou em maior perda de peso quando comparado com o armazenamento a 0 e 3°C, principalmente após os 28 dias. À medida que a temperatura aumenta, ocorre incremento no DPV e consequentemente maior transpiração (Woods, 1990).

Figura 4. Influência da temperatura e do período de armazenamento seguido de 2 dias de comercialização simulada a 25°C na perda de matéria fresca (%) de pêssegos 'Aurora-1'. Barras verticais indicam o desvio padrão da média (n=4).

Figura 5. Influência da temperatura e do período de armazenamento seguido de 2 dias de comercialização simulada a 25°C na perda de matéria fresca (%) de pêssegos 'Dourado-2'. Barras verticais indicam o desvio da média (n=4).

4.1.2 Teor de sólidos solúveis totais (SST)

O teor de SST nos pêssegos ‘Aurora-1’ foi significativamente influenciado pelo período e temperatura de armazenamento (Tabela 1). Os maiores incrementos ocorreram durante os primeiros 21 dias de armazenamento refrigerado, quando atingiram um pico médio de 10,17° Brix, reduzindo posteriormente (Figuras 6 e 7). Normalmente, o teor de sólidos solúveis aumenta com o amadurecimento através de processos de biossíntese ou degradação de polissacarídeos, até um ponto em que o fruto passa a utilizar essa reserva de açúcares para manter sua atividade metabólica (Chitarra & Chitarra, 1990; Gottinari et al., 1998).

Na cultivar ‘Dourado-2’, o teor de SST foi influenciado significativamente apenas pela temperatura de armazenamento (Tabela 2).

Pêssegos de ambas as cultivares apresentaram teor de SST mais elevado quando armazenados a 0°C (Figuras 6 e 7). Esse fato pode ser atribuído a menor taxa respiratória dos frutos nessa temperatura.

Figura 6. Influência da temperatura e do período de armazenamento seguido de 2 dias de comercialização simulada a 25°C no teor de sólidos solúveis totais (°Brix) de pêssegos ‘Aurora-1’. Barras verticais indicam o desvio da média (n=4).

Figura 7. Influência da temperatura e do período de armazenamento seguido de 2 dias de comercialização simulada a 25°C no teor de sólidos solúveis totais (°Brix) de pêssegos ‘Dourado-2’. Barras verticais indicam o desvio da média (n=4).

4.1.3 Acidez total titulável (ATT)

As diferenças nos teores de ATT ao longo do armazenamento foram pequenas e ambas as cultivares mostraram um decréscimo no teor de acidez durante o armazenamento (Figuras 8 e 9). Esse declínio pode ser explicado pela oxidação dos ácidos para a produção de energia no ciclo de Krebs (Ballod, 1990). Meredith et al. (1989) e Chapman & Horvat (1990) também concordam que o teor de ácido cítrico em pêssegos diminui com o progresso do amadurecimento.

Na cultivar ‘Dourado-2’ essa redução foi mais acentuada aos 28 dias de armazenamento a 3 e 6°C (Figura 9).

O teor de acidez em pêssegos ‘Aurora-1’ não foi significativamente influenciado pela temperatura de armazenamento (Tabela 1).

Figura 8. Influência da temperatura e do período de armazenamento seguido de 2 dias de comercialização simulada a 25°C na acidez (% de ácido cítrico) de pêssegos 'Aurora-1'. Barras verticais indicam o desvio da média (n=4).

Figura 9. Influência da temperatura e do período de armazenamento seguido de 2 dias de comercialização simulada a 25°C na acidez (% de ácido cítrico) de pêssegos 'Dourado-2'. Barras verticais indicam o desvio da média (n=4).

4.1.4 Coloração externa

Segundo McGuire (1992), o ângulo de cor é a medida mais apropriada para expressar a variação da coloração durante o amadurecimento de vegetais, onde 0° é a cor vermelha, 90° a amarela, 180° a verde e 270° a cor azul.

O ângulo de cor (h°) no momento da colheita era de 91,7° para pêssegos ‘Aurora-1’ e de 106,38° para pêssegos ‘Dourado-2’. Como o ‘Dourado-2’ é um pêssego de polpa fundente, deve ser colhido mais verde que o ‘Aurora-1’, ou seja, maior h°, para que possa suportar a comercialização.

Durante o armazenamento, ambas as cultivares apresentaram decréscimo no valor de h°, ou seja, desenvolvimento da cor amarela, principalmente após os 28 dias (Figuras 10, 11, 12 e 13). Geralmente o h° da epiderme dos frutos diminui à medida que se prolonga o armazenamento (Robertson et al., 1992). Essa mudança na coloração é atribuída tanto à degradação da clorofila quanto à síntese de carotenóides (Chitarra & Chitarra, 1990).

A coloração de ambas as cultivares foi significativamente influenciada pela temperatura (Tabelas 1 e 2). As temperaturas de 0 e 3°C foram mais eficientes na manutenção da coloração dos frutos quando comparadas a temperatura de 6°C (Figuras 12 e 13). Este fato pode ser explicado pelo metabolismo mais reduzido dos frutos nessas duas temperaturas.

Ao final do período de armazenamento, os frutos de ‘Dourado-2’, mesmo com coloração externa mais esverdeada (h° maior), apresentavam valores de firmeza da polpa menores (Figura 15) quando comparados aos frutos de ‘Aurora-1’ que tinham valores de h° menores e valores de firmeza mais elevados (Figura 14). Portanto, nem sempre existe uma correlação entre a coloração da epiderme e a firmeza da polpa.

Figura 10. Aparência externa de pêsegos 'Aurora-1' após 21 (A), 28 (B) e 35 (C) dias de armazenamento refrigerado seguido de 2 dias de comercialização simulada a 25°C.

Figura 11. Aparência externa de pêssegos 'Dourado-2' após 21 (A), 28 (B) e 35 (C) dias de armazenamento refrigerado seguido de 2 dias de comercialização simulada a 25°C.

Figura 12. Influência da temperatura e do período de armazenamento seguido de 2 dias de comercialização simulada a 25°C na coloração externa (°h) de pêssegos ‘Aurora-1’. Barras verticais indicam o desvio da média (n=4).

Figura 13. Influência da temperatura e do período de armazenamento seguido de 2 dias de comercialização simulada a 25°C na coloração externa (°h) de pêssegos ‘Dourado-2’. Barras verticais indicam o desvio da média (n=4).

4.1.5 Firmeza da polpa

As duas cultivares apresentaram redução na firmeza da polpa após o armazenamento refrigerado, sendo que, na cultivar Dourado-2, esta redução foi mais drástica em decorrência do estresse causado pelo frio (“chilling”) (Figuras 14 e 15).

Os pêssegos ‘Aurora-1’, que no momento da instalação do experimento, tinham valores médios de firmeza 34,56 N, sofreram uma redução média de 40% ao final dos 35 dias de armazenamento, atingindo valores médios de 20,82 N (Figura 14). Apesar da queda na firmeza, esse amolecimento da polpa parece não comprometer a qualidade dos frutos para o consumo.

Nos pêssegos ‘Dourado-2’, apesar da maior retenção da firmeza a 0°C em relação aos tratamentos com 3 e 6°C, em todas as temperaturas estudadas a perda da firmeza foi extremamente alta (Figura 15). Esses pêssegos que, no momento da colheita, apresentavam uma firmeza de 37,85 N, atingiram reduções médias de 88%, ou seja, valores médios de 4,45 N ao final do período de armazenamento, o que impossibilitaria o transporte, comercialização e consumo desses frutos.

Trabalhos conduzidos por Kader et al. (1982) e Von Mollendorff e De Villiers (1988b) demonstraram que o uso de baixas temperaturas durante o armazenamento permite a manutenção da firmeza da polpa dos frutos. A redução da temperatura é responsável pela atenuação da síntese e/ou da atividade da poligalacturonase (PG) e pectinametilesterase (PME), enzimas que participam da degradação da parede celular. Entretanto, Lelièvre et al. (1995) afirmam que, se por um lado o armazenamento refrigerado preserva a firmeza dos frutos, por outro, atua como acelerador do processo de degradação celular quando os frutos são transferidos para temperaturas mais elevadas. Segundo os mesmos autores, as baixas temperaturas agem como estímulo indutor de genes envolvidos na síntese do ácido 1-amino-ciclopropano 1-carboxílico oxidase (ACC oxidase), enzima que atua na produção de etileno.

Para Brecht & Kader (1984) e Valero et al. (1997), os frutos perdem a capacidade de produção de etileno após armazenamento sob temperaturas que provocam “chilling”, ou seja, esses autores não atribuem a redução da firmeza à síntese de ACC oxidase.

A queda acentuada da firmeza de pêssegos ‘Dourado-2’, que foi observada já aos 14 dias de armazenamento, pode ter como causa o estresse causado pelo frio. A exposição dos frutos a temperaturas que causam “chilling” é responsável por mudanças na atividade normal das enzimas PME e PG.

De que maneira essas duas enzimas atuam em frutos afetados pelo “chilling” ainda é discutida.

Estudando a atividade de enzimas pectolíticas em frutos que apresentam lanosidade, Ben-Arie & Sonego (1980) verificaram que nesses frutos há um aumento da atividade da PME, causando acúmulo de substâncias pécticas desesterificadas e redução ou inibição da atividade da PG, não permitindo que essas substâncias sejam degradadas e solubilizadas.

Von Mollendorff & De Villiers (1988) afirmam que, durante o armazenamento refrigerado, a PG tem sua atividade bastante reduzida, sendo que nenhum papel é atribuído à PME.

Zhou et al. (2000b), estudando a atividade dessas mesmas enzimas, observaram que a atividade da PE permaneceu constante durante o armazenamento refrigerado, enquanto a atividade da PG diminuiu de forma drástica.

Uma explicação para esses fatos é que a atividade da PG deve ser mais alterada devido à exposição ao frio quando comparada com a atividade da PME. Uma atividade mínima basal da PME deve ser mantida, levando a um constante acúmulo de substâncias pécticas desesterificadas, enquanto que a atividade da PG, principalmente da endo-PG diminui drasticamente, não permitindo que essas substâncias sejam degradadas (Fernández-Trujillo et al., 1998).

Essas substâncias pécticas desesterificadas têm a capacidade de reter a água, formando gel que leva ao decréscimo na firmeza e outras mudanças na textura da polpa conhecida como lanosidade (Ben-Arie e Sonego, 1980).

Figura 14. Influência da temperatura e do período de armazenamento seguido de 2 dias de comercialização simulada a 25°C na firmeza da polpa (N) de pêssegos 'Aurora-1'. Barras verticais indicam o desvio da média (n=4).

Figura 15. Influência da temperatura e do período de armazenamento seguido de 2 dias de comercialização simulada a 25°C na firmeza da polpa (N) de pêssegos 'Dourado-2'. Barras verticais indicam o desvio da média (n=4).

Em trabalho com armazenamento refrigerado de pêssegos, Von Mollendorff e De Villiers (1988b) relacionam a queda brusca na firmeza da polpa dos frutos com o surgimento da lanosidade. Os mesmos resultados foram observados por Gottinari et al. (1998), que afirmam que o estresse causado pelo frio foi responsável por uma perda de firmeza de 77% em pêssegos BR1 conservados a 0°C por 28 dias. Jackman et al. (1992) também relacionam o decréscimo de firmeza ao “chilling”.

4.2 Incidência de Podridão

A maioria dos frutos que apresentava podridão estava infectada por *Monilinia fructicola*, fungo causador da podridão parda. A doença inicia-se através de ferimentos originados nas frutas ainda no pomar e é caracterizada por manchas circulares e pardas, que em condições de alta umidade, são cobertas por uma massa cinzenta, pulverulenta de esporos (Kluge et al., 1997).

De uma maneira geral, verificou-se elevação na quantidade de frutos com podridão com o aumento do tempo de armazenamento (Figuras 16 e 17).

Pêssegos ‘Aurora-1’ apresentaram maior incidência de podridão quando armazenados a 6°C, uma vez que nessas temperaturas os frutos estavam mais maduros e conseqüentemente mais susceptíveis à ocorrência de podridões (Figura 16). Ao final do período de armazenamento, os frutos da cultivar Aurora-1 armazenados a 0 e 3°C apresentavam pequena incidência de podridões com menos de 15% de frutas afetadas (Figura 16).

Pêssegos ‘Dourado-2’ armazenados a 0°C apresentaram uma incidência de podridão extremamente reduzida, ao contrário daqueles armazenados a 3 e 6°C. Nessas temperaturas, a incidência de podridão foi alta, principalmente a partir dos 21 dias (Figura 17).

Figura 16. Influência da temperatura e do período de armazenamento seguido de 2 dias de comercialização simulada a 25°C na incidência de podridão (%) em pêsegos 'Aurora-1'

Figura 17. Influência da temperatura e do período de armazenamento seguido de 2 dias de comercialização simulada a 25°C na incidência de podridão (%) em pêsegos 'Dourado-2'.

4.3 Avaliação visual

Após 35 dias de armazenamento, os frutos da cultivar Aurora-1 não apresentavam sintomas de “chilling” em nenhuma das temperaturas estudadas.

Os frutos da cultivar Dourado-2 mostraram-se sensíveis ao armazenamento refrigerado. Aos 14 dias de armazenamento, nas três temperaturas estudadas, todos os frutos apresentaram lanosidade caracterizada pela ausência visual de sucosidade (Figura 18B) e queda brusca da firmeza (Figura 15). Esses sintomas só foram observados após a remoção do fruto do armazenamento refrigerado, quando os mesmos permaneceram por dois dias a 25°C, simulando a comercialização.

A identificação da lanosidade é problemática uma vez que, externamente, os frutos sadios e lanosos são similares (Figura 18A); os sintomas são perceptíveis apenas quando o fruto é aberto (Figura 18B), ou seja, o problema não é constatado até que o fruto chegue ao consumidor (Bruhn et al., 1991; Luchsinger & Walsh, 1998).

Bramlage (1982), estudando a conservação de pêssegos e nectarinas, também observou que os sintomas de lanosidade só eram visíveis durante o amadurecimento de frutos, confirmando os resultados obtidos no presente estudo.

Von Mollendorff & De Villiers (1988b) relatam que pêssegos armazenados a 2°C por 3 semanas apresentaram lanosidade após um período de amadurecimento de 12 dias a 10°C e, em trabalho conduzido por Von Mollendorff et al. (1992a), nenhum sintoma de lanosidade foi observado durante 3 semanas de armazenamento refrigerado a -0,5°C e 3°C, estes só foram visíveis após 2 dias de amadurecimento a 15°C.

Observando as Figuras 4 e 5, verificamos que a porcentagem de perda de matéria fresca das duas cultivares foi muito pequena, chegando a valores máximos de 4% ao final do período de armazenamento. Como os pêssegos sadios (‘Aurora-1’), que apresentavam sucosidade na polpa, perderam praticamente a mesma porcentagem de matéria fresca que pêssegos com lanosidade (‘Dourado-2’) que visivelmente estavam sem sucosidade, não é possível relacionar a ausência de sucosidade com a perda de matéria fresca. O que explica a aparente falta de suco é a presença de substâncias pécticas desesterificadas de alto peso molecular que são capazes de capturar a água e formar gel.

Figura 18. A. Aparência externa de pêssegos 'Aurora-1' (esquerda) e 'Dourado-2' (direita) após 28 dias de armazenamento refrigerado a 3°C seguido de 2 dias de comercialização simulada a 25°C. Observar que, externamente, não há diferença entre frutos sadios ('Aurora-1') e lanosos ('Dourado-2'). B. Aparência interna de pêssego 'Dourado-2' após 28 dias de armazenamento refrigerado a 3°C seguido de 2 dias de comercialização simulada a 25°C. Observar que, quando o fruto é aberto, nota-se polpa farinhenta, sem sucosidade.

Como no primeiro ensaio a lanosidade já era identificada em pêssegos ‘Dourado-2’ armazenados por 14 dias (primeira avaliação), com queda brusca na firmeza nesse período (Figura 15), no segundo ensaio, as análises físico-químicas e anatômicas foram realizadas também aos 7 dias de armazenamento visando determinar o período exato da manifestação desse distúrbio fisiológico.

Uma vez que no primeiro ensaio apenas a firmeza da polpa teve relação com o aparecimento da lanosidade, para o segundo ensaio serão apresentados apenas os resultados da análise dessa variável.

Pêssegos da cultivar Aurora-1 continuaram não apresentando sintomas de “chilling” até os 35 dias de armazenamento em ambas as temperaturas estudadas.

Em pêssegos ‘Dourado-2’ armazenados por 7 dias a 0°C nenhum sintoma de “chilling” pôde ser observado, ao contrário daqueles armazenados a 3°C, que após 7 dias apresentavam queda brusca na firmeza (Figura 19) e ausência de sucosidade na polpa.

A partir dos 14 dias de armazenamento, os frutos apresentaram lanosidade nas duas temperaturas estudadas.

Figura 19. Influência da temperatura e do período de armazenamento seguido de 2 dias de comercialização simulada a 25°C na firmeza da polpa (N) de pêssegos ‘Dourado-2’. Barras verticais indicam o desvio da média (n=4).

Luchsinger & Walsh (1998) e Crisosto et al. (1999) relatam a manifestação mais precoce da lanosidade em frutos armazenados em temperaturas mais elevadas. Em estudos conduzidos por esses autores, pêssegos armazenados a 0°C apresentaram sintomas de lanosidade mais tardiamente que pêssegos armazenados a 5°C.

4.4 Características anatômicas

O mesocarpo dos frutos de ‘Aurora-1’ e ‘Dourado-2’, no momento da colheita (controle), apresentavam células parenquimáticas isodiamétricas de tamanhos distintos. As células eram túrgidas e arranjadas deixando amplos espaços intercelulares. Entre as células parenquimáticas ocorriam feixes vasculares (Figuras 20 e 21).

O uso da sacarose durante a fixação e desidratação do material, como meio de prevenção da plasmólise, foi eficiente, uma vez que a membrana permaneceu aderida à parede celular (Figuras 20B e 21B).

Inicialmente foram caracterizadas as alterações anatômicas de frutos armazenados a 3°C.

O mesocarpo dos frutos ‘Aurora-1’ e ‘Dourado-2’ armazenados por 14, 21, 28 e 35 dias foi muito semelhante, permanecendo praticamente inalterado durante o armazenamento a 3°C (Figuras 22 e 23). Esse resultado indica que o metabolismo do fruto também não sofreu alterações durante o período de armazenamento refrigerado e o sintoma de lanosidade não foi observado. Em algumas células do mesocarpo foi possível verificar fragmentação nuclear após 21 dias de armazenamento refrigerado.

Quando os frutos da cultivar Dourado-2 foram transferidos para temperatura de 25°C por 2 dias após a remoção do armazenamento refrigerado a 3°C (comercialização simulada), foi possível identificar alguns sintomas típicos da lanosidade. Nos frutos armazenados por 14+2 e 21+2 dias foi observado acúmulo de substâncias pécticas nos espaços intercelulares e no interior das células parenquimáticas próximas aos feixes vasculares (Figuras 24 e 25).

Em frutos ‘Dourado-2’ conservados por 28+2 dias esse acúmulo não se manteve restrito às regiões próximas aos feixes, se espalhando por todo o mesocarpo (Figura 26A). Algumas células parenquimáticas apresentavam contorno irregular (Figura 28A) e perda de adesão entre paredes celulares adjacentes, ampliando os espaços intercelulares que eram preenchidos por substâncias pécticas (Figura 26B).

Luza et al. (1992) e Brovelli et al. (1998), estudando as alterações anatômicas em pêssegos com lanosidade, verificaram os mesmos tipos de alterações

Aos 35+2 dias o depósito de substâncias pécticas nos espaços intercelulares e no interior das células parenquimáticas se intensificou por todo o mesocarpo (Figuras 27A e 28B).

Apenas em frutos Dourado-2 a fragmentação nuclear nas células do mesocarpo foi intensificada durante a comercialização simulada após 28 e 35 dias de armazenamento a 3°C (Figuras 27B e 28B).

A ausência de fragmentação nuclear nas células de frutos ‘Dourado-2’ que permaneceram por 2 dias a 25°C (amadurecimento normal) (Figura 29) e a fragmentação menos acentuada observada em frutos ‘Aurora-1’ durante a comercialização simulada, são indícios que esse sintoma tem relação com a lanosidade.

Este é o primeiro relato da associação entre a fragmentação nuclear e o sintoma de “chilling” em pêssegos. Possivelmente a fragmentação nuclear esteja associada à desorganização da carioteca, similarmente ao que Marangoni et al. (1989) observaram em frutos de tomate, quando os cloroplastos foram as estruturas citoplasmáticas mais afetadas pelo “chilling” devido à desorganização das membranas dessas organelas.

A presença de substâncias pécticas no interior das células parenquimáticas, assim como a fragmentação nuclear podem ser consequência de mudanças na integridade física da membrana plasmática e do envelope nuclear. Segundo Marangoni et al. (1996), a resposta primária à injúria pelo frio é a alteração na fluidez da membrana lipídica, que passa da fase líquido cristalina para gel sólida. Essa mudança na fluidez é responsável pela alteração na permeabilidade das membranas celulares e sua consequente degradação.

A visualização do núcleo em algumas células com depósito de pectina (Figura 30), indica que essas substâncias se acumularam, realmente, no interior das células. Esse fato necessita ser melhor investigado através de análises bioquímicas e ultra-estruturais.

O mesocarpo dos frutos ‘Aurora-1’ na comercialização simulada apresentou as mesmas características anatômicas verificadas durante o armazenamento refrigerado a 3°C (Figura 31). Não foi observado o acúmulo de substâncias pécticas no interior das células e nos espaços intercelulares, nem a separação da parede de células adjacentes, típicos sintomas de lanosidade encontrados em frutos ‘Dourado-2’.

O comportamento de pêssegos ‘Dourado-2’ armazenados a 0°C por 14, 21, 28 e 35 dias foi semelhante àquele de frutos armazenados a 3°C. Mesmo aos 35 dias de armazenamento a 0°C, nenhum sintoma de lanosidade foi observado (Figura 32A). Aos 14+2 dias foi observado acúmulo de substâncias pécticas nos espaços intercelulares e no interior das células parenquimáticas próximas aos feixes vasculares (Figura 32B). Esses sintomas foram agravados com o prolongamento do armazenamento refrigerado até que, aos 35+2 dias, puderam ser observados por todo o mesocarpo (Figura 32C).

Essas substâncias pécticas encontradas no mesocarpo de pêssegos que apresentam sintomas de lanosidade são originadas, como já mencionado, do desbalanço da atividade de enzimas pectolíticas. São caracterizadas por baixo grau de esterificação, e por esse motivo, têm a capacidade de se ligar à água livre dos tecidos e formar gel (Ben-Arie & Lavee, 1971; Ben-Arie & Sonogo, 1980; Buescher & Furmanski, 1978; Lill et al., 1989). A formação do gel explica a perda da sucosidade e firmeza da polpa como observados nas Figuras 15 e 19.

Com a condução do segundo experimento, onde se procurou determinar o momento exato da instalação do distúrbio, foi possível afirmar que frutos ‘Dourado-2’ armazenados a 0°C só apresentavam lanosidade a partir dos 14 dias de armazenamento ao contrário daqueles armazenados a 3°C, nos quais a redução brusca de firmeza já era observada aos 7 dias (Figura 19). Esse resultado foi confirmado com a análise anatômica, que evidenciou que mesmo após o período de comercialização simulada, as células do mesocarpo de frutos armazenados por 7 dias a 0°C não apresentavam alterações típicas da lanosidade (Figura 33A), enquanto que frutos armazenados por 7+2

dias a 3°C apresentavam acúmulo de substâncias pécticas próximo aos feixes (Figura 33B), explicando a ausência de sucosidade e a queda brusca de firmeza (Figura 19).

A análise ao microscópio de fluorescência das seções do mesocarpo coradas com Corifosfina confirma que as substâncias amorfas presentes nos espaços intercelulares do mesocarpo de frutos com lanosidade eram de natureza péctica (Figura 34B); estas substâncias estavam ausentes no mesocarpo desses frutos no momento da colheita (Figura 34A).

Figura 20. Cortes transversais do mesocarpo de pêsegos 'Aurora-1' no momento da colheita (controle). **A.** Visão geral das células parenquimáticas e dos feixes vasculares. **B.** Detalhe das células parenquimáticas de tamanhos distintos arranjadas deixando amplos espaços intercelulares.

Figura 21. Cortes transversais do mesocarpo de pêssegos ‘Dourado-2’ no momento da colheita (controle). **A.** Visão geral das células parenquimáticas e dos feixes vasculares. **B.** Detalhe das células parenquimáticas de tamanhos distintos arranjadas deixando amplos espaços intercelulares.

Figura 22. Cortes transversais do mesocarpo de pêsegos ‘Aurora-1’ após 21 (A), 28 (B) e 35 (C) dias de armazenamento a 3°C. Observar que sem o período de comercialização simulada as células do mesocarpo não apresentam alterações em relação ao tratamento controle (0 dia). Não há separação da parede de células adjacentes, nem o acúmulo de substâncias pécicas nas células e entre estas.

Figura 23. Cortes transversais do mesocarpo de pêsegos ‘Dourado-2’ após 21 (A), 28 (B) e 35 (C) dias de armazenamento a 3°C. Observar que sem o período de comercialização simulada as células do mesocarpo não apresentam alterações em relação ao tratamento controle (0 dia). Não há separação da parede de células adjacentes, nem o acúmulo de substâncias pécicas nas células e entre estas.

Figura 24. Cortes transversais do mesocarpo de pêsegos 'Dourado-2' após 14 dias de armazenamento a 3°C seguido de 2 dias de comercialização simulada a 25°C. **A.** Observar o depósito de substâncias pécicas nos espaços intercelulares e no interior das células parenquimáticas, preferencialmente ao redor dos feixes vasculares. **B.** Detalhe do feixe vascular. As setas maior e menor indicam as substâncias nas células e nos espaços intercelulares entre elas, respectivamente.

Figura 25. Cortes transversais do mesocarpo de pêsegos 'Dourado-2' após 21 dias de armazenamento a 3°C seguido de 2 dias de comercialização simulada a 25°C. **A.** Observar o depósito de substâncias pécicas nos espaços intercelulares e no interior das células parenquimáticas, preferencialmente ao redor dos feixes vasculares. **B.** Detalhe do feixe vascular. As setas maior e menor indicam as substâncias nas células e nos espaços intercelulares entre elas, respectivamente.

Figura 26. Cortes transversais do mesocarpo de pêsegos 'Dourado-2' após 28 dias de armazenamento a 3°C seguido de 2 dias de comercialização simulada a 25°C. **A.** Observar o depósito de substâncias pécicas nos espaços intercelulares e no interior das células parenquimáticas em todo o mesocarpo. **B.** Detalhe das células do mesocarpo exibindo afastamento entre as paredes celulares (setas), ampliando os espaços intercelulares que são preenchidos por substâncias pécicas

Figura 27. Cortes transversais do mesocarpo de pêsegos ‘Dourado-2’ após 35 dias de armazenamento a 3°C seguido de 2 dias de comercialização simulada a 25°C. **A.** Observar o depósito de substâncias pécicas nos espaços intercelulares e no interior das células parenquimáticas em todo o mesocarpo. **B.** Detalhe das células do mesocarpo exibindo processo de fragmentação nuclear. A seta maior indica o núcleo íntegro e a seta menor um dos núcleos fragmentados.

Figura 28. Cortes transversais do mesocarpo de pêsegos ‘Dourado-2’ após 28 dias (A) e 35 dias (B) de armazenamento a 3°C seguido de 2 dias de comercialização simulada a 25°C. **A.** Observar o afastamento de paredes de células adjacentes com acúmulo de substâncias pécticas nos espaços intercelulares (seta maior), e o contorno irregular das células (seta menor). **B.** Observar o acúmulo de substâncias pécticas (*) e fragmentação nuclear (setas) por todo o mesocarpo.

Figura 29. Cortes transversais do mesocarpo de pêsegos 'Dourado-2' que, após a colheita, permaneceram por 2 dias a 25°C. Observar núcleos íntegros (setas).

Figura 30. Corte transversal do mesocarpo de pêsego 'Dourado-2' após 35 dias de armazenamento a 3°C seguido de 2 dias de comercialização simulada a 25°C. Observar o núcleo no interior de uma das células que apresenta acúmulo de substâncias pécticas.

Figura 31. Cortes transversais do mesocarpo de pêsegos 'Aurora-1' após 21(A), 28(B) e 35(C) dias de armazenamento a 3°C seguido de 2 dias de comercialização simulada a 25°C. Observar que mesmo após o período de comercialização simulada, as células do mesocarpo não apresentam alterações típicas da lanosidade. Não há separação da parede de células adjacentes, nem o acúmulo de substâncias pécicas nas células e entre essas.

Figura 32. Cortes transversais do mesocarpo de pêsegos ‘Dourado-2’ após 35 dias de armazenamento a 0°C (A), e após 14 (B) e 35(C) dias de armazenamento a 0°C seguido de 2 dias de comercialização simulada a 25°C. A. Observar que sem o período de comercialização simulada as células do mesocarpo não apresentam alterações em relação ao controle. B. Observar acúmulo de substâncias pécticas preferencialmente ao redor do feixe vascular (setas). C. O acúmulo de substâncias pécticas estendeu-se por todo o mesocarpo.

Figura 33. Cortes transversais do mesocarpo de pêsegos 'Dourado-2' após 7 dias de armazenamento a 0°C (A) e 3°C (B), seguido de 2 dias de comercialização simulada a 25°C. **A.** Observar que, mesmo após a comercialização simulada, as células do mesocarpo não apresentam alterações típicas da lanosidade. **B.** Observar o depósito de substâncias pécicas nos espaços intercelulares (seta maior) e no interior das células parenquimáticas (seta menor), preferencialmente ao redor do feixe vascular.

Figura 34. Cortes transversais do mesocarpo de pêsegos 'Dourado-2', corados com Corifosfina e analisados ao microscópio de fluorescência, no momento da colheita (controle) (A) e após 35 dias de armazenamento a 3°C seguido de 2 dias de comercialização simulada a 25°C (B). A. Observar espaços intercelulares sem fluorescência. B. Observar fluorescência nos espaços intercelulares, indicando a presença de substâncias pécticas. Barras = 22,7 μ m.

5 CONCLUSÃO

- Os pêssegos das cultivares Aurora-1 e Dourado-2 diferem entre si quanto à sensibilidade ao armazenamento refrigerado.
- Pêssegos da cultivar Aurora-1 podem ser conservados por até 35 dias à temperatura de 0 ou 3°C, sem comprometer a qualidade dos frutos.
- Pêssegos da cultivar Dourado-2 são sensíveis ao armazenamento refrigerado, apresentando sintomas de lanosidade após 7 dias de armazenamento a 3°C e após 14 dias de armazenamento a 0°C.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, R.E. The influence of storage temperature and warming during storage on peach and nectarine fruit quality. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.104, n.4, p.459-461,1979 .
- AMORÓS, A.; SERRANO, M.; RIQUELME, F.; ROMOJARO, F. Levels of ACC and physical and chemical parameters in peach development. **Journal of Horticultural Science** v. 64, n.6, p.673-677,1989.
- APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. **Organografia Vegetal**. Piracicaba:CALQ, 1992. 107p.
- ARTÉS, F.; CANO, A.; FERNÁNDEZ-TRUJILLO, J.P. Pectolytic enzyme activity during intermittent warming storage of peaches. **Journal of Food Science**, v.61, n.2, p.311-313, 1996.
- AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993. 116p.
- BALLOD, L.B. **Qualidade e potencial de conservação sob atmosfera modificada de pêssegos (*Prunus persica* (L.) Batsch), cultivares delícia e talismã**. Lavras, 1990. 118p. Dissert. (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura de Lavras.
- BEN-ARIE, R.; SONEGO, L. Pectolytic enzyme activity involved in woolly breakdown of stored peaches. **Phytochemistry** , v.18, n. 12, p.2553-2555, 1980.

- BOTREL, N.; DE CARVALHO, V.D.; GONÇALVES, J.R.A. Estudo da evolução da maturação de duas cultivares de pêssegos [*Prunus persica* (L.) Batsch] destinados à indústria. **Ciência e Prática**, v.17, n.4, p.363-369, 1993.
- BRAMLAGE, W.J. Chilling injury of crops of temperate origin. **HortScience**, v.17, n.2, p.165-168, 1982.
- BRECHT, J.K., KADER, A.A. Regulation of ethylene production by ripening nectarine fruit as influenced by ethylene and low temperature. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.109, n.6, p.869-872, 1984.
- BROVELLI, E.A.; BRECHT, J.K.; SHERMAN, W.B.; SIMS, C.A. Anatomical and physiological responses of melting and nonmelting-flesh peaches to postharvestchilling. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.123, n.4, p.668-674, 1998.
- BRUHN, C.M., FELDMAN, N., GARLITZ, C. HARDWOOD, J., IVAN, E., MARSHALL, M., RILEY, A., THURBER, D., WILLIAMSON, E. Consumer perceptions of quality: apricots, cantaloupes, peaches, pears, strawberries, and tomatoes. **Journal of Food Quality**, v.14, p.187-195, 1991.
- BUESCHER, R.W.; FURMANSKI, R J. Role of pectinesterase and polygalacturonase in the formation of woolliness in peaches. **Journal of Food Science**, v.43, n.1, p.264-266, 1978.
- CARVALHO, C.R.L.; MANTOVANI, D.M.B.; CARVALHO, P.R.N.; MORAES, R.M.M. **Análises químicas de alimentos**. Campinas: ITAL, 1990. 121p.

- CHAPMAN, G.W.; HORVAT, R.J. Changes in nonvolatile acids, sugars, pectin and sugar composition of pectin during peach (cv. Monroe) maturation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.38 n. 2 p.383-387, 1990.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-Colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 360p.
- COUEY, H.M. Chilling injury of crops of tropical and subtropical origin. **HortScience**, v.17, n.2, p.165-168, 1982.
- CRISOSTO, C.H.; JOHNSON, R.S.; DeJONG, T.; DAY, K.R. Orchard factors affecting postharvest stone fruit quality. **HortScience**, v.32, n.5, p.820-823, 1997.
- CRISOSTO, C.H.; MITCHELL, F.G.; JU, Z. Susceptibility to chilling injury of peach, nectarine, and plum cultivars grown in California. **HortScience**, v.34, n.6, p.1116-1118, 1999.
- CUTTER, E.G. **Anatomia Vegetal: Parte II. Órgãos Experimentos e Interpretação**. São Paulo: Roca, 1987. 336p.
- ESAU, K. **Anatomia das Plantas com Sementes**. São Paulo: Edgard Blücher, 1993. 293p.
- FERNÁNDEZ-TRUJILLO, J.P.; ARTÉS, F. Keeping quality of cold stored peaches using intermittent warming. **Food Research International**, v.30, n.6, p.441-450, 1997.
- FERNÁNDEZ-TRUJILLO, J.P.; CANO, A.; ARTÉS, F. Physiological changes in peaches related to chilling injury and ripening. **Postharvest Biology and Technology**, v.13, n.2, p.109-119, 1998.

FNP Consultoria & Comércio. **Agrianual: anuário da agricultura brasileira**. São Paulo, 1998. 481p.

FNP Consultoria & Comércio. **Agrianual: anuário da agricultura brasileira**. São Paulo, 2001. 545p.

GAFFE, J.; TIEMAN, D.M.; HANDA, A.K. Pectin methylesterase isoforms in tomato (*Lycopersicon esculentum*) tissues. **Plant Physiology**, v.105, n.1, p.199-203, 1994.

GALINDO, A.J.E.; CALERO, F.A; VERA, J.G.M. Conservación frigorífica de melocotón y nectarina. **Fruticultura Profesional**, n.50, p.48-60, 1992.

GARCIA, E.; LAJOLO, F.M. Starch transformation during banana ripening: the amylase e glucosidade behavior. **Journal of Food Science**, v.53, n.4, p.1181-1186, 1988.

GOTTINARI, R.A.; ROMBALDI, C.V.; SILVEIRA, P.; ARAÚJO, P.J. Frigoconservação de pêssego (*Prunus persica* (L.) Batsch) cv. BR1. **Revista Brasileira de Agrociência**. v.4, n.1, p.47-54, 1998.

HARTMANN, P.E.Q. Research on woolliness in peaches and nectarines during the 1984-85 season. **The Deciduous Fruit Grower**, v.35, n.6, p.194-198, 1985.

JACKMAN, R.L.; GIBSON, H.J.; STANLEY, D.W. Effects of chilling on tomato fruit texture. **Physiologia Plantarum**, v.86, n.2, p.600-608, 1992.

KADER, A.A.; MOHAMED, A.; EL-GOORANI, SOMMER, N.F. Postharvest decay, respiration, ethylene production, and quality of peaches held in controlled atmosphere with added carbon monoxide. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.107, n.5, p.856-859, 1982.

- KASTER, L.C. **Frigoconservação de pêssegos (*Prunus persica* (L.) Batsch) cvs. Chimarrita e Chiripá, colhidos em dois estádios de maturação.** Pelotas, 1997. 106p. Dissert. (mestrado) – Universidade Federal de Pelotas.
- KLUGE, R.A.; NACHTIGAL, J.C.; FACHINELLO, J.C.; BILHALVA, A.B. **Fisiologia e Manuseio Pós-Colheita de Frutas de Clima Temperado.** Pelotas: UFPEL, 1997. 163p.
- LELIÈVRE, J.M., TICHIT, L., FILLION, L., LARRIGAUDIÈRE, C., VENDRELL, M., PECH, J.C. Cold-induced accumulation of 1-aminocyclopropane 1-carboxylateoxidase protein in Granny Smith apple. **Postharvest Biology and Technology**, v.5, n.1-2, p.11-17, 1995.
- LILL, R.E.; O'DONAGHUE, E.M.; KING, G.A. Postharvest physiology of peaches and nectarines. **Horticultural Reviews**, v.11, p.413-452, 1989.
- LIVERANI, A.; CANGINI, A. Ethylene evolution and changes in carbohydrates and organic acid during maturation of two white and two yellow fleshed peach cultivars. **Advances in Horticultural Science**, v.5, n.2, p.59-63, 1991.
- LUCHSINGER, L.E.; WALSH, C.S. Chilling injury of peach fruit during storage. **Acta Horticulturae**, n.464. p.473-477, 1998.
- LUZA, J.G.; VAN GORSEL, R.; POLITO, V.S.; KADER, A.A. Chilling injury in peaches: A cytochemical and ultrastructural cell wall study. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.117, n.1, p.114-118, 1992.
- MANESS, N.O.; BRUSEWITZ, G.H.; MCCOLLUM, T.G. Internal variation in peach fruit firmness. **HortScience**, v.27, n.8, p.903-905, 1992.

MARANGONI, A.G.; SMITH, A.K.; YADA, R.Y.; STANLEY, D.W. Ultrastructural changes associated with chilling injury in mature-green tomato fruit. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.114, n.6, p.958-962, 1989.

MARANGONI, A.G.; PALMA, T.; STANLEY, D.W. Membrane effects in postharvest physiology, **Postharvest Biology nad Technology**, v.7, n.3, p.193-217, 1996.

McGUIRRE, R.G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, v.27, n.12, p.1254-1255, 1992.

MEDEIROS, C.A.B.; RASEIRA, M.C.B. **A cultura do pessegueiro**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1998. 350p.

MEREDITH, F.I.; ROBERTSON, J.A.; HORVAT, R.J. Changes in physical and chemical parameters associated with quality and postharvest ripening of Harvester peaches. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.37, n.5, p.1211-1214, 1989.

MORRIS, L.L. Chilling injury of horticultural crops: an overview. **HortScience**, v. 17, n.2, p.161-162, 1982.

ORR, G.; BRADY, C. J. Relationship of endopolygalacturonase activity to fruit softening in a freestone peach. **Postharvest Biology and Technology**, v.3, p.121-130, 1993.

PRESSEY, R.; AVANTS, J.K. Separation and characterization of endopolygalacturonase and exopolygalacturonase from peaches. **Plant Physiology**, v.52, n.3, p.252-256, 1973.

- RAGLAND, C.H. The development of the peach fruit, with special reference to split-pit and gumming. **American Society for Horticultural Science Proceedings**, v.31, p.1-21, 1934.
- RETAMALES, J.; COOPER, T.; STREIF, J.; KANIA, C. Preventing cold storage disorders in nectarines. **Journal of Horticultural Science**, v.67, n.5, p.619-626, 1992.
- ROBERTSON, J.A.; MEREDITH, F.I.; CHAPMAN, G.W.; SHERMAN, W.B. Ripening and cold storage changes in the quality characteristics of nonmelting clingstone peaches (FLA 9-20C). **Journal of Food Science**, v.57, n.2, p.462-465, 1992.
- SAKAI, W.S. Simple method for differential staining of paraffin embedded plant material using toluidine blue. **Stain technology**, v.48, n.5, p.247-249, 1973.
- TONUTTI, P.; BONGHI, C.; RAMINA, A. Fruit firmness and ethylene biosynthesis in three cultivars of peach (*Prunus persica* L. Batsch). **Journal of Horticultural Science**, v. 71, n.1, p.141-147, 1996.
- WOODS, J.L. Moisture loss from fruits and vegetables. **Postharvest News and Information**, v.1, n.3, p.195-199, 1990.
- VALERO, D.; RERRANO, M.; MARTÍNEZ-MADRID, M.C.; RIQUELME, F. Polyamines, ethylene, and physicochemical changes in low-temperature-stored peach (*Prunus persica* L. Cv. Maycrest). **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v.45, n.9, p.3406-3410, 1997.

VON MOLLENDORFF, L.J.; DE VILLIERS, O.T. Physiological changes associates with the development of woolliness in “Peregrine” peaches during low temperature storage. **Journal of Horticultural Science**, v.63, n.1, p.47-51, 1988(a).

VON MOLLENDORFF, L.J.; DE VILLIERS, O.T. Role of pectolytic enzymes in the development of woolliness in peaches. **Journal of Horticultural Science**. v.63, n.1, p.53-58, 1988(b).

VON MOLLENDORFF, L.J.; JACOBS, G.; DE VILLIERS, O.T. Effect of time of examination and ripening temperature on the degree of woolliness in nectarines. **Journal of Horticultural Science**, v.64, n.4, p.443-7, 1989.

VON MOLLENDORFF, L.J.; JACOBS, G.; DE VILLIERS, O.T. Cold storage influences internal characteristics of nectarines during ripening. **HortScience**, v.27, n.12, p.1295-1297, 1992(a).

VON MOLLENDORFF, L.J.; JACOBS, G.; DE VILLIERS, O.T. The effects of storage temperature and fruit size on firmness, extractable juice, woolliness and browning in two nectarine cultivars. **Journal of Horticultural Science**. v.67, n.5, p.647-654, 1992(b).

VON MOLLENDORFF, L.J.; JACOBS, G.; DE VILLIERS, O.T. Effect of temperature manipulation during storage and ripening on firmness, extractable juice and woolliness in nectarines. **Journal of Horticultural Science**, v.67, n.5, p.655-662, 1992(c).

ZHOU, H-W.; LURIE, S.; LERS, A.; KHATCHITSKI, A.; SONEGO, L.; BEN ARIE, R. Delayed storage and controlled atmosphere storage of nectarines: two strategies to prevent woolliness. **Postharvest Biology and Technology**, v.18, n.2, p.133-141, 2000(a).

ZHOU, H-W.; BEN ARIE, R.; LURIE, S. Pectin esterase, polygalacturonase and gel formation in peach pectin fractions. **Phytochemistry**, v.55, n.3, p.191-195, 2000(b).