

OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

2 FOME ZERO
E AGRICULTURA
SUSTENTÁVEL

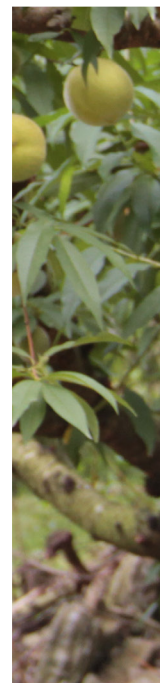
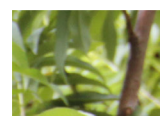


OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

12 CONSUMO E
PRODUÇÃO
RESPONSÁVEIS



**Qualidade de Pêssegos ‘Olímpia’ Conservados
em Refrigeração Convencional, Atmosfera
Controlada e Atmosfera Controlada Dinâmica**



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Clima Temperado
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

BOLETIM DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO 367

**Qualidade de Pêssegos 'Olímpia' Conservados em
Refrigeração Convencional, Atmosfera Controlada
e Atmosfera Controlada Dinâmica**

*Rufino Fernando Flores Cantillano
Carolina Goulart
Gabriel Almeida Aguiar
Jardel Araújo Ribeiro
Paulo Celso de Mello-Farias*

***Embrapa Clima Temperado
Pelotas, RS
2022***

Embrapa Clima Temperado
BR-392, km 78, Caixa Postal 403
CEP 96010-971, Pelotas, RS
Fone: (53) 3275-8100
www.embrapa.br/clima-temperado
www.embrapa.br/fale-conosco

Comitê Local de Publicações

Presidente
Luis Antônio Suíta de Castro

Vice-presidente
Walkyria Bueno Scivittaro

Secretária-executiva
Bárbara Chevallier Cosenza

Membros
*Ana Luíza B. Viegas, Fernando Jackson,
Marilaine Schaun Pelufê, Sonia Desimon*

Revisão de texto
Bárbara Chevallier Cosenza

Normalização bibliográfica
Marilaine Schaun Pelufê

Editoração eletrônica
Nathália Santos Fick (46.431.873/0001-50)

Foto da capa
Paulo Lanzetta

1ª edição
Publicação digital - PDF

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Clima Temperado

Q1 Qualidade de pêssegos cultivar Olímpia conservados em
refrigeração convencional, atmosfera controlada e
atmosfera controlada dinâmica / Rufino Fernando
Flores Cantillano... [et al.]. – Pelotas: Embrapa Clima
Temperado, 2022.

23 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento /
Embrapa Clima Temperado, ISSN 1981-5980 ; 367)

1. Pêssego. 2. Fruta de clima temperado.
3. Armazenamento de alimento. 4. Fruticultura.
I. Flores Cantillano, Rufino Fernando. II. Série.

CDD 634.25

Sumário

Resumo5

Abstract6

Introdução.....7

Material e Métodos9

Resultados e Discussão 10

Conclusões.....20

Referências20

Qualidade de Pêssegos 'Olímpia' Conservados em Refrigeração Convencional, Atmosfera Controlada e Atmosfera Controlada Dinâmica

Rufino Fernando Flores Cantillano¹

Carolina Goulart²

Gabriel Almeida Aguiar³

Jardel Araújo Ribeiro⁴

Paulo Celso de Mello-Farias⁵

Resumo - Os pêssegos [*Prunus persica* (L.) Batsch] têm grande impacto econômico em todo o mundo, porém são caracterizados pela sua alta perecibilidade e vida curta no mercado, apresentando um aumento climatérico na produção de etileno e também da taxa de amadurecimento. Para aumentar a vida útil dessas frutas, faz-se necessário o armazenamento refrigerado, mas esse sistema pode apresentar algumas limitações, necessitando-se da adoção de outras tecnologias, como atmosferas controlada e a atmosfera controlada dinâmica. Objetivou-se com este trabalho avaliar os sistemas de armazenamento refrigerado (AR), atmosfera controlada (AC) e atmosfera controlada dinâmica (ACD) na manutenção da qualidade de pêssegos, por diferentes períodos de armazenamento. Pêssegos 'Olímpia' foram armazenados e avaliados aos 0, 12, 24, 36 e 48 dias, acrescido do período de comercialização de 48 horas a 20 °C. As frutas foram submetidas às seguintes condições concentrações atmosféricas: 20-21% O₂ + 0,03-0,04% CO₂ em atmosfera refrigerada (AR); 1-2% O₂ + 10-11% CO₂ em atmosfera controlada (AC); e 0,4-0,5% O₂ + 10-11% CO₂ em atmosfera controlada dinâmica (ACD). A temperatura e umidade relativa utilizadas foram 1 °C e 90-95%, respectivamente. Os parâmetros de qualidade avaliados foram: sólidos solúveis totais, acidez total titulável, relação sólidos solúveis totais/acidez total titulável, perda de massa, firmeza da polpa, incidência de podridão e distúrbios fisiológicos, parâmetros da cor (L*, Hue), etileno, acetaldeído e etanol. Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey. De maneira geral, os pêssegos 'Olímpia' apresentaram alto percentual de perda de massa em AR, diminuição do avanço do amadurecimento dos parâmetros físico-químicos em AC e ACD, presença mais acentuada de acetaldeído e etanol e redução do etileno em AC e ACD. Aos 48 dias de armazenamento, as frutas apresentaram sensibilidade à injúria por frio, com escurecimento de polpa em todos os sistemas de armazenamento, com maior severidade no sistema AR. Conclui-se que os sistemas AC e ACD mantêm a qualidade dos pêssegos 'Olímpia', apesar de apresentarem sensibilidade ao dano pelo frio.

Termos para indexação: *Prunus persica* (L.) Batsch, qualidade, armazenamento, pós-colheita.

¹ Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Ciência e Tecnologia de Alimentos, pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

² Engenheira-agrônoma, D.Sc. em Fruticultura de Clima Temperado, Sertão, RS

³ Engenheiro-agrônomo, D.Sc., professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Sertão, RS

⁴ Biólogo, D.Sc. em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Pelotas, RS

⁵ Engenheiro-agrônomo, D.Sc., professor de Fruticultura da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS

Quality of Peaches 'Olímpia' Preserved Under Conventional Refrigeration, Controlled Atmosphere and Dynamic Controlled Atmosphere

Abstract - Peaches [*Prunus persica* (L.) Batsch] have a great economic impact all over the world, albeit they have high perishability and a short market life, showing a climacteric rise and in ripening rate. Hence, it is necessary to increase peaches shelf-life refrigerated storage. As this system may have some limitations, the adoption of other technologies such as controlled and dynamic atmospheres is required. This research aimed at evaluating refrigerated storage system, controlled and dynamic atmospheres in order to maintain peaches quality in different storage periods. 'Olympia' peaches were stored and evaluated after 0, 12, 24, 36 and 48 days plus a commercialization period of 48 hours under 20 °C. They were submitted to the following gas atmosphere conditions: 20-21% O₂ + 0.03-0.04% CO₂ in a refrigerated atmosphere (RA); 1-2% O₂ + 10-11% CO₂ in controlled atmosphere (CA); and 0.4-0.5% O₂ + 10-11% CO₂ in a dynamic controlled atmosphere (DCA) (with fluorescence sensors). The temperature and relative humidity used were 1 °C and 90-95%, respectively. The quality parameters evaluated were the following: total soluble solids, total titratable acidity, total soluble solids/total titratable acidity ratio, mass loss, firmness, rot incidence and physiological disorders, color parameters (L*, Hue), ethylene, acetaldehyde and ethanol. Data were submitted to variance analysis and Tukey's test. In general, 'Olympia' peaches showed a high percentage of mass loss in RA, a decrease in the advance of ripening on the physicochemical parameters in CA and DCA, more accentuated presence of acetaldehyde and ethanol and a reduction of ethylene in CA and DCA. At 48 storage days, peaches showed sensitivity to cold injury, with pulp darkening in all storage systems with greater severity on RA system. It is concluded that the CA and DCA systems maintain the quality of 'Olympia' peaches, albeit they present sensibility to chilling injury.

Index terms: *Prunus persica* (L.) Batsch, quality, storage, postharvest.

Introdução

O Brasil teve, em 2020, uma produção de 201.880 toneladas de pêssegos, sendo a região Sul detentora de 77,3% desse montante (IBGE, 2021). O estado do Rio Grande do Sul foi o maior produtor, com 129.608 toneladas produzidas, ou seja, 64,2% do total produzido no país (IBGE, 2021). Isso demonstra a importância econômica desta cultura.

O pêssego (*Prunus persica* L. Batsch) é uma fruta bastante apreciada, devido ao seu sabor e à sua aparência (Assumpção et al., 2015). A produção dessa fruta tem grande impacto econômico mundial, mas se caracteriza por alta perecibilidade e curta vida no mercado, apresentando um aumento climatérico na produção de etileno e da taxa de amadurecimento (Manganaris; Crisosto, 2020). Essas frutas são organismos que, mesmo após a colheita, permanecem vivas, com as funções fisiológicas, como respiração e transpiração sendo realizadas normalmente; com isso, as mudanças metabólicas após a colheita não podem ser impedidas, apenas retardadas com um bom manejo pós-colheita (Cantillano, 2014).

Durante o processo de amadurecimento dos frutos ocorrem mudanças que abrangem o desenvolvimento da cor, hidrólise do amido, acumulação de açúcares, produção de compostos do aroma, desaparecimento de ácidos orgânicos e amolecimento (Taiz et al., 2017). Essas mudanças podem ocasionar perdas de qualidade na pós-colheita durante o armazenamento dos pêssegos. As principais mudanças observadas são as alterações metabólicas, danos mecânicos, redução da firmeza de polpa, incidência de podridões e desordens fisiológicas. Estas perdas são influenciadas por fatores genéticos, ponto de maturação na colheita, manipulação, condições de colheita e pelo sistema de armazenamento (Rombaldi et al., 2002; Crisosto et al., 2006). Para retardar as mudanças metabólicas, diminuir as perdas e aumentar a vida útil pós-colheita dos frutos, tecnologias de armazenamento vêm sendo utilizadas.

Entre os métodos comerciais utilizados para a conservação das frutas, a refrigeração é a mais utilizada (Pegoraro et al., 2010; Pinto et al., 2012) devido ao menor custo que essa prática envolve (Barreto et al., 2019). Contudo, longos períodos de armazenamento a frio podem induzir uma redução na qualidade das frutas (Infante et al., 2008), afetando a firmeza, causando distúrbios fisiológicos e incidência de podridões (Brackmann et al., 2005; Giné-Bordonaba et al., 2016). No armazenamento refrigerado de pêssegos, as temperaturas recomendadas variam de -0,5 °C a 0 °C (Calero et al., 1992). O potencial de armazenagem dos frutos de caroço varia muito entre cultivares, sendo de 1 a 5 semanas para o pêssego (Crisosto, 1999). Temperaturas entre 2 °C e 5 °C devem ser evitadas, pois, nessa faixa, ocorre aumento de problemas fisiológicos, como o escurecimento interno e a farinosidade ou lanosidade (Cantillano, 2003).

Outra alternativa de armazenamento é a atmosfera controlada (AC), que consiste em um sistema de armazenamento no qual se modifica a concentração gasosa atmosférica. Esse sistema é utilizado como complemento para o sistema refrigerado convencional; com isso, pretende-se prolongar a vida útil do fruto por períodos maiores que os obtidos na refrigeração convencional (Cantillano, 2014). A redução dos níveis de O₂ e o aumento dos níveis de CO₂, técnica conhecida como AC, retarda o amadurecimento de frutos, altera o metabolismo de pigmentos, e reduz a síntese e a ação do etileno sobre o metabolismo (Brackmann; Chitarra, 1998; Beaudry, 1999).

Os efeitos que o O₂, o CO₂ e o etileno exercem sobre frutas e hortaliças frescas, apesar de bastante estudados, não são completamente entendidos. O oxigênio é um substrato e o dióxido de carbono é o produto da respiração e ambos modulam, direta ou indiretamente, as atividades do sistema respiratório e um grande número de sistemas enzimáticos (Chitarra; Chitarra, 2005). A ação do CO₂ ocorre no ciclo dos ácidos tricarbóxicos, inibindo diversas enzimas, reduzindo a atividade deste ciclo e, consequentemente, do metabolismo do fruto (Cantillano, 2014). Dessa forma, o produto que incorpora essa tecnologia deve apresentar melhor aparência, sabor, textura e menor incidência de podridões (Chitarra; Chitarra, 2005).

Os pêssegos podem ser armazenados em atmosfera controlada com 1% a 2% O₂, 3% a 5% CO₂, e temperatura de 1°C a 0,5°C por até seis semanas (Chitarra; Chitarra, 2005).

Já a atmosfera controlada dinâmica (ACD), consiste em um sistema de monitoramento não destrutivo da fluorescência das clorofilas, permitindo a detecção de estresse pela baixa concentração de O_2 antes do desenvolvimento de distúrbios fisiológicos dos frutos armazenados sob esse sistema (Dell et al., 1999; Prange et al., 2003; Raffo et al., 2009; Both et al., 2017). Essa forma de armazenamento tem como princípio a redução do nível de oxigênio na atmosfera de armazenamento para o mais próximo possível do limite mínimo de O_2 (*lowest oxygen limit* – LOL) tolerado pelos frutos (Zanella et al., 2005).

Na atmosfera controlada dinâmica, o nível de oxigênio pode ser alterado durante o período de armazenamento, mas se mantém sempre acima do limite inferior de oxigênio. Portanto, o O_2 deve ser medido em tempo real nos locais de armazenagem (Weber et al., 2015). É uma tecnologia capaz de identificar a sensibilidade do fruto aos baixos níveis de O_2 . Níveis muito baixos de O_2 durante o armazenamento podem alterar o metabolismo normal do fruto, iniciando a respiração anaeróbica, levando à produção de etanol e como consequência, perda de qualidade. A resposta dos frutos ao estresse por baixos níveis de O_2 e altos níveis de CO_2 pode ser detectada através da medida da produção de etanol (WRIGHT et al., 2010), respiração do fruto e fluorescência da clorofila (PRANGE et al., 2003; WATKINS, 2008; WRIGHT et al., 2010).

Para a obtenção e manutenção adequada dos níveis de O_2 durante o armazenamento, o monitoramento da fluorescência de clorofilas é realizado durante todo o período de armazenamento através da alocação, de uma amostra representativa de seis frutos, em uma caixa de plástico que está equipada com um sensor de fluorescência FIRM (*fluorescence interactive response monitor*). Essa caixa é alocada no interior da câmara comercial, para ficar com a atmosfera da câmara (geralmente são alocados seis desses sensores em cada câmara comercial). Para análise da fluorescência, essa amostra deve ser mantida no escuro. Juntamente com o FIRM estão localizadas quatro lâmpadas LED (*light emitting diode*), que servem como fonte de luz para medir o nível de estresse dos frutos (LMO). O sinal captado pelo sensor é transferido para um *software* específico que registra a intensidade da fluorescência enquanto a pressão parcial de O_2 é reduzida durante o início do armazenamento. A pressão parcial de O_2 é reduzida até o momento em que é detectado um pico na emissão de fluorescência. A partir desse momento, o O_2 é incrementado em 0,2 %, porém nunca a pressão parcial da câmara deverá ser menor que 0,4%. Esse nível é mantido assim até o final do armazenamento ou até que um novo pico de fluorescência seja detectado, quando o nível de O_2 deve ser novamente incrementado (Prange et al., 2007; Tran et al., 2015).

A fluorescência das clorofilas ocorre em maior intensidade em situações de estresse, que impossibilitam a transferência da energia luminosa captada pela clorofila para os centros de reação (Taiz; Zeiger, 2013). Esses estresses podem ser de várias naturezas, como secas, danos por herbicidas, excesso de luz, temperatura (Taiz; Zeiger, 2013), além de estresse por baixo oxigênio (Deell et al., 1999; Prange et al., 2007).

A atmosfera controlada dinâmica com o controle de fluorescência é o método mais utilizado mundialmente em nível comercial, principalmente para a cadeia produtiva da maçã e da pera, sendo comercializada pela empresa italiana Isolcell (Prange et al., 2010; Prange et al., 2011). Contudo, pesquisas continuam sendo feitas para outras frutas e hortaliças (Prange et al., 2013), mas na lista descrita não há dados sobre pêssegos.

Um compromisso importante da Embrapa e do País é com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), cuja agenda global contempla 17 objetivos que abrangem as dimensões econômica, social e ambiental. Este trabalho contribui para alcançar os objetivos 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável) e 12 (Consumo e Produção Sustentável) dos ODS, garantindo sistemas sustentáveis de produção de alimentos, contribuindo para a produção de alimentos seguros e minimizando o desperdício de alimentos e as perdas pós-colheita na cadeia de distribuição de alimentos.

No Brasil, a atmosférica dinâmica está em fase de adequação dos protocolos para a cadeia produtiva da macieira, através de estudos desenvolvidos na Embrapa Clima Temperado em parceria com a empresa Rasip, bem como por institutos de pesquisa e universidades. Por esse motivo, seria interessante para a cadeia produtiva do pêssego, como já está sendo com outras cadeias produtivas de frutas, ter opções que permitam aumentar a vida pós-colheita do pêssego preservando sua qualidade. Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho verificar a qualidade dos pêssegos armazenados em câmaras refrigeradas convencional, atmosfera controlada e atmosfera controlada dinâmica.

Material e Métodos

O estudo foi conduzido no laboratório e nas câmaras frias do setor de fisiologia de pós-colheita da Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, Brasil. Pêssegos da cultivar Olímpia foram colhidos no ponto ideal de colheita “de vez”, oriundos de um pomar comercial do município de Canguçu, região Sul do Rio Grande do Sul, da safra 2017/2018.

Os tratamentos foram constituídos por três sistemas de armazenamento avaliados ao longo de 48 dias (períodos). Os sistemas de armazenamento foram: atmosfera refrigerada convencional (AR) com concentrações 20-21% O₂ + 0,03-0,04% CO₂; atmosfera controlada (AC) com concentração de 1%-2% O₂ + 10-11% CO₂; e atmosfera controlada dinâmica (ACD) com concentração de 0,4-0,5% O₂ + 10-11% CO₂.

Os períodos de armazenamento foram: P1 – 0 dia (caracterização); P2 – 12 dias; P3 – 24 dias; P4 – 36 dias e P5 – 48 dias. A temperatura utilizada foi de 1 °C e a umidade relativa de 90-95% nos três sistemas, sendo controladas em tempo real através de software da empresa GARTEN. Após a retirada dos frutos das câmaras frias, houve o acondicionamento a uma temperatura de 20 °C por 48 horas, para a simulação de vida de prateleira, para serem posteriormente analisados.

Avaliações realizadas

- Sólidos solúveis totais (SST): obtidos através de refratômetro digital marca ATAGO, modelo PAL-1, sendo expresso em °Brix (Zenebon et al., 2008).
- Acidez total titulável (ATT): para essa análise, foram utilizados 10 mL de suco da polpa, adicionados a 90 mL de água destilada. A titulação da amostra foi realizada com o auxílio de uma bureta digital Brand® contendo solução de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1N até atingir o ponto de viragem no pH 8,1. A acidez titulável foi expressa em gramas (g) de ácido cítrico por 100 g⁻¹ de polpa (Zenebon et al., 2008).
- Relação sólidos solúveis totais por acidez total titulável (SST/ ATT): avaliada dividindo-se o teor de sólidos solúveis totais pela acidez total titulável.
- Perda de massa (PM): foi determinada através dos pesos dos frutos na montagem do experimento (Pi) e, posteriormente, no dia de avaliação (Pf), sendo calculada pela fórmula $PM = [(\text{peso inicial} - \text{peso final}) / (\text{peso inicial} * 100)]$ com os resultados expressos em porcentagem.
- Coloração da epiderme (°HueE) e da polpa (°HueP): foram realizadas medições com auxílio do colorímetro da marca Minolta, modelo CR-400, nas porções equatoriais das frutas (epiderme), e para a polpa foram retirados pedaços da epiderme. Para mensuração do ângulo hue, foi utilizada a fórmula $^{\circ}\text{Hue} = \text{arccotan} (b^*/a^*)$, sendo o resultado dessa equação, expresso em radianos, convertido em graus.
- Firmeza de polpa (FP): a firmeza de polpa dos frutos foi mensurada utilizando-se penetrômetro eletrônico TA-XT plus 40855 Stable Micro Systems, com ponteira de 2 mm de diâmetro, sendo os valores expressos em Newton (N).
- Etileno: a produção de etileno dos frutos foi determinada por cromatografia em fase gasosa, utilizando-se cromatógrafo a gás, marca Varian, modelo GC-430. Amostras de aproximadamente 1.400 g foram acondicionadas em frascos com volume de 5,0 L, hermeticamente fechados, durante 1 hora. Em seguida, alíquotas de 50 µL do espaço livre (*headspace*) foram retiradas do recipiente e injetadas no cromatógrafo. A concentração de etileno foi calculada por um *software*, a partir da integração da área do pico de etileno gerado no cromatograma, sendo os resultados expressos em ppm (partes por milhão). Esses resultados foram comparados com um padrão de etileno conhecido, que foi injetado no cromatógrafo durante as análises. A produção de etileno foi calculada em função da concentração desse gás presente no recipiente no momento da determinação, da massa dos frutos, do volume do espaço livre no recipiente e do tempo de fechamento, sendo expresso em µL C₂H₄ kg⁻¹ h⁻¹ (Both et al., 2017).

- Etanol e acetaldeído: porções equatoriais dos frutos sem epiderme foram centrifugadas para obtenção de suco e após, em frascos de vidros de 20 mL foram adicionados 10 mL do suco, imediatamente fechados e congelados a -18 °C até o momento da análise cromatográfica. No momento das análises as amostras foram colocadas em banho-maria a 60 °C por 1 hora para formação do espaço livre (*headspace*). Posteriormente, uma alíquota de 1 mL foi retirada do espaço livre (*headspace*) e injetada em um CG. As análises de compostos voláteis foram realizadas em um CG Varian 450 equipado com o detector de ionização em chama (FID). As concentrações devem ser calculadas a partir da área do pico de cada composto, usando soluções padrão e os resultados expressos em $\mu\text{L L}^{-1}$. (Cantillano, 1998; Saquet; Streif, 2008).
- Incidência de podridão (IP) e distúrbios fisiológicos: a IP foi avaliada pela contagem das frutas que apresentarem lesões com diâmetro superior a 0,5 cm, características de ataque por fungos e bactérias, sendo os resultados expressos em porcentagem. Os distúrbios fisiológicos foram avaliados pela sua presença ou ausência.

Delineamento experimental

O delineamento experimental deste estudo foi inteiramente casualizado em um esquema fatorial 3 x 5 (3 sistemas de armazenamento x 5 períodos de armazenamento). A unidade experimental foi composta por 4 repetições de 15 frutas. Os dados foram submetidos à análise de variância (Anova) e posteriormente a comparação de médias foi realizada pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) sendo também realizadas análises de regressão.

Resultados e Discussão

A variável luminosidade da epiderme (L^*E) não apresentou diferença estatística significativa entre os sistemas de armazenamento, sendo somente influenciada pelos períodos. Por isso, foi apresentada apenas a regressão linear nos dias de armazenamento, em que se observa uma redução gradual ao longo dos dias de armazenamento; os valores apresentaram variação de 78,17 a 73,06. Esses resultados eram esperados, devido à evolução do amadurecimento dos frutos (Figura 1). Em pêssegos 'Aurora-1' armazenados por 35 dias sob refrigeração (2 °C) foi verificada a redução da luminosidade da epiderme de 73,52 para 69,08, corroborando os resultados deste trabalho (Cunha Júnior et al., 2010).

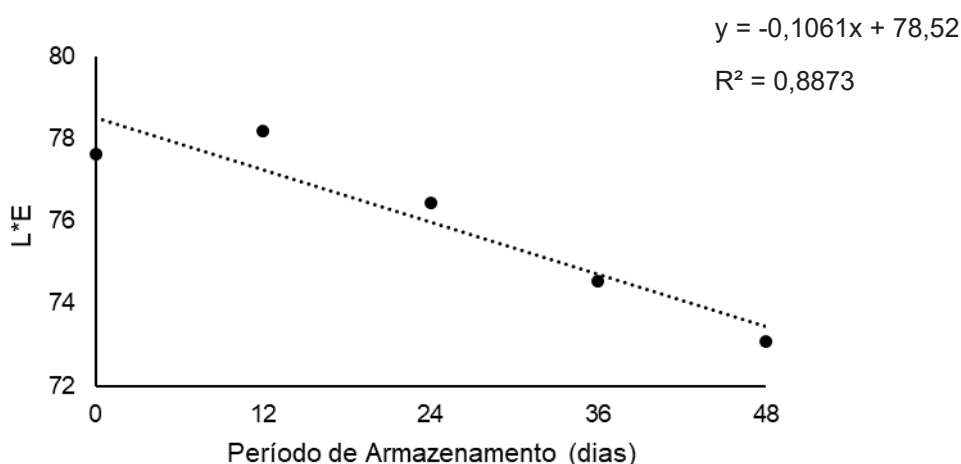


Figura 1. Luminosidade da epiderme de pêssegos 'Olímpia' em diferentes períodos de armazenamento. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2022.

A coloração (tonalidade) da epiderme em °Hue apresentou as maiores transformações no sistema AR com uma tendência de redução com o passar dos dias de armazenamento. No dia zero observou-se 85,66°Hue, e aos 48 dias foi 83,29°Hue, enquanto em AC e ACD houve pouca alteração na coloração. Fato também demonstrado nas médias gerais, em que AR com média de 82,49°Hue diferiu estatisticamente de AC e ACD

com 84,44 e 84,79, respectivamente (Figura 2 e Tabela 1). Esses resultados demonstram que a AC e ACD retardaram de forma mais significativa as mudanças na coloração da epiderme, enquanto AR apresentou mais mudanças, de verde-amarelado para amarelo-alaranjado. Segundo Sasaki (2009), a redução nos valores de ângulo de cor indica que a cor de fundo da casca passou de coloração verde para amarelo, indicando que ocorreu amadurecimento dos frutos. Girardi et al. (2000) relataram que a alteração na coloração das frutas é uma das principais mudanças que ocorrem no amadurecimento, devido à degradação da clorofila (redução nos valores °hue) e síntese de outros pigmentos, como antocianinas e carotenoides.

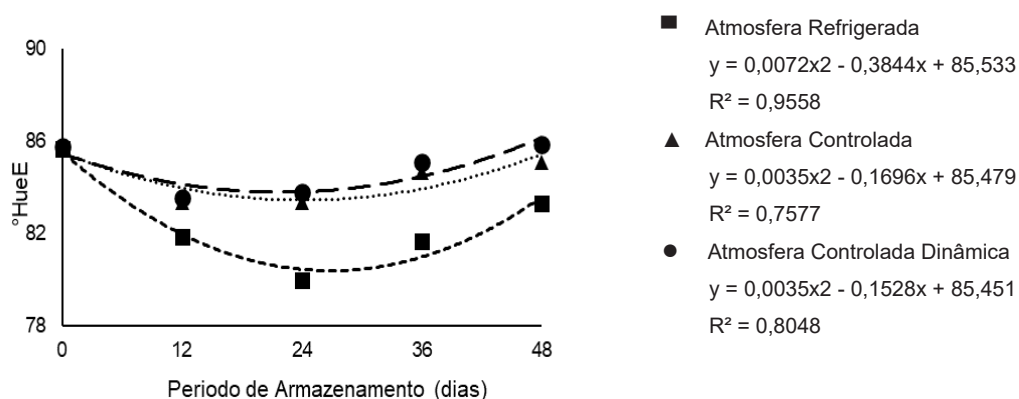


Figura 2. Coloração da epiderme (°HueE) em pêssegos 'Olímpia' em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD) e nos diversos períodos de armazenamento (0, 12, 24, 36 e 48 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2022.

Tabela 1. Valores da coloração da epiderme (°HueE) em pêssegos 'Olímpia' armazenados em atmosfera refrigerada (AR), atmosfera controlada (AC) e atmosfera controlada dinâmica (ACD) nos períodos de 0, 12, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2022.

Sistemas de armazenamento	Coloração da epiderme (°HueE)					
	Período de armazenamento (dias)					Médias
	0	12	24	36	48	
Atmosfera refrigerada	85,66 a	81,85 a	79,98 b	81,67 b	83,29 b	82,49 b
Atmosfera controlada	85,80 a	83,34 a	83,34 a	84,66 a	85,08 ab	84,44 a
Atmosfera controlada dinâmica	85,75 a	83,53 a	83,76 a	85,09 a	88,23 a	84,79 a

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de significância.

A luminosidade da polpa não apresentou diferença estatística significativa para os sistemas de armazenamento AR, AC e ACD, mas houve uma redução gradual ao longo dos períodos de armazenamento P1, P2, P3, P4 e P5. Os valores máximos no dia zero estavam próximos a 80 e aos 48 dias próximos à 60 (Figura 3). Isso representou uma grande variação, pois, à medida que os valores distanciam-se de 100, demonstram que estão escurecendo. Foi isso que aconteceu neste trabalho, pois, aos 48 dias, as polpas de todas as frutas encontraram-se completamente escurecidas. Isso pode ter ocorrido em decorrência do armazenamento prolongado ou por ser uma característica específica dessa cultivar. Segundo Raseira et al. (2014), a cultivar Olímpia apresenta a polpa amarelo-escura e oxida-se com relativa facilidade. A variável L*P é um eficiente indicador do escurecimento de frutos durante o armazenamento, quer resultante de reações oxidativas de escurecimento, quer do aumento da concentração de pigmentos (Rocha; Moraes, 2003).

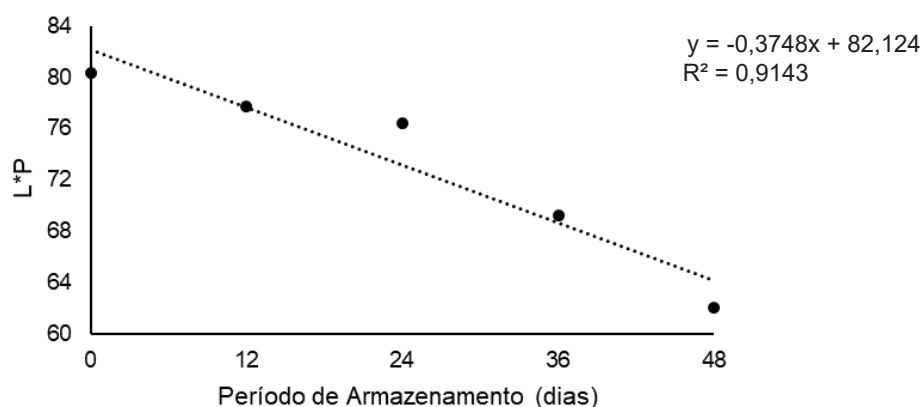


Figura 3. Luminosidade da polpa de pêssegos 'Olímpia' em diferentes períodos de armazenamento. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2022.

A coloração (tonalidade) da polpa, expressa em °Hue (Figura 4), nos três sistemas de armazenamento apresentou tendência de redução, quando se comparou o primeiro com o último período de armazenamento. Ao se comparar as médias, com valores iniciais de 82,89 °Hue em AR, 83,60 °Hue em AC e 83,27 °Hue para ACD, e valores finais de 72,21 °Hue, 68,57°Hue e 79,2 °Hue em AR, AC e ACD respectivamente, verificou-se que a ACD apresentou maior média, diferindo estatisticamente de AR e mantendo-se semelhante a AC (Tabela 2). Com isso, pode-se inferir que a atmosfera controlada dinâmica foi o sistema que retardou mais efetivamente as mudanças na coloração da polpa. Entretanto, ressalta-se a presença do escurecimento interno aos 48 dias praticamente na totalidade das frutas, o que pode ter afetado esses resultados.

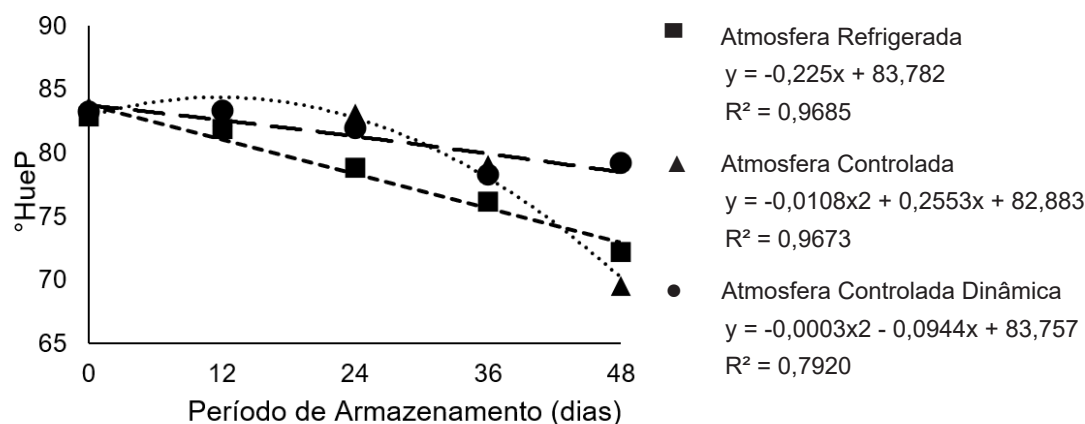


Figura 4. Coloração da polpa (°HueP) em pêssegos 'Olímpia' em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD) e nos diversos períodos de armazenamento (0, 12, 24, 36 e 48 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2022.

Tabela 2. Valores da coloração da polpa (°HueP) em pêssegos 'Olímpia' armazenados em atmosfera refrigerada (AR), atmosfera controlada (AC) e atmosfera controlada dinâmica (ACD) nos períodos de 0, 12, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2022.

Sistemas de armazenamento	Coloração da polpa (°HueP)					
	Período de armazenamento (dias)					Médias
	0	12	24	36	48	
Atmosfera refrigerada	82,89 a	81,82 a	78,81 a	76,18 a	72,21 b	78,38 b
Atmosfera controlada	83,60 a	82,83 a	83,13 a	79,10 a	69,57 b	79,65 ab
Atmosfera controlada dinâmica	83,27 a	83,32 a	82,55 a	78,27 a	79,2 a	81,21 a

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de significância.

Os sólidos solúveis totais apresentaram um enquadramento quadrático para todos os sistemas de armazenamento, contudo, no AR foi verificada a maior evolução dos teores de SST. No dia zero o teor foi de 16,15 °Brix, e aos 48 dias de armazenamento, de 18,35 °Brix (Figura 5 e Tabela 3). Porém, em AC e ACD houve pouca alteração nesses teores, com valores iniciais de 15,90 °Brix em AC e 16,30 °Brix em ACD para valores finais de 15,55 °Brix e 15,92 °Brix para AC e ACD, respectivamente. As médias gerais confirmaram a diferença estatística entre AR com média mais elevada de AC e ACD. Em geral, o teor de sólidos solúveis do fruto aumenta durante o amadurecimento (Khan et al., 2018), mediante 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, 2005).

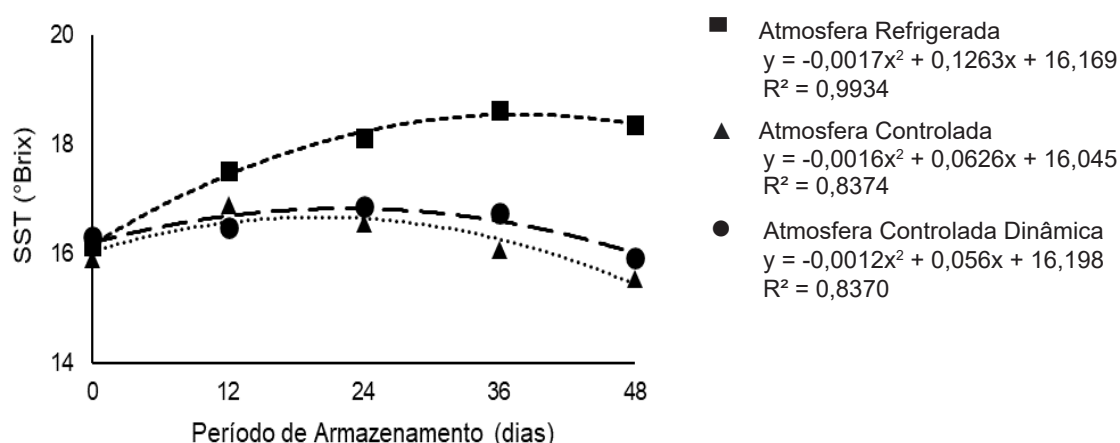


Figura 5. Sólidos solúveis totais (SST) em pêssegos 'Olímpia' em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD) nos diversos períodos de armazenamento (0, 12, 24, 36 e 48 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2022.

Tabela 3. Valores dos sólidos solúveis totais (SST) em pêssegos 'Olímpia' armazenados em atmosfera refrigerada (AR), atmosfera controlada (AC) e atmosfera controlada dinâmica (ACD) nos períodos de 0, 12, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2022.

Sistemas de armazenamento	Sólidos solúveis totais (SST) – °Brix					
	Período de armazenamento (dias)					Médias
	0	12	24	36	48	
Atmosfera refrigerada	16,15 a	17,52 a	18,12 a	18,62 a	18,35 a	17,75 a
Atmosfera controlada	15,90 a	16,89 a	16,55 b	16,07 b	15,55 b	16,19 b
Atmosfera controlada dinâmica	16,30 a	16,47 b	16,87 b	16,75 b	15,92 b	16,46 b

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de significância.

A acidez total titulável não apresentou significância para interação do estudo, sistemas de armazenamento x períodos de armazenamento, mas foi significativa para os fatores isoladamente. Assim, observou-se nos resultados uma redução linear durante os períodos de armazenamento, em que os valores iniciaram-se em 0,67% de ácido cítrico e terminaram em 0,41% de ácido cítrico (Figura 6). Nas médias gerais, a atmosfera refrigerada com a menor média, de 0,48% de ácido cítrico, diferiu de AC e ACD, com médias de 0,57% e 0,56% de ácido cítrico, respectivamente (Tabela 4). A redução nos teores de acidez é esperada durante o armazenamento das frutas e os sistemas controlados AC e ACD reduziram essas transformações. A acidez titulável nos frutos de caroço tende a diminuir durante o amadurecimento (Khan et al., 2018). A diminuição da ATT durante o armazenamento refrigerado de frutas é causada pelo consumo de ácidos orgânicos como substratos para as atividades respiratórias (Kumar et al., 2017). Os frutos com menor teor de acidez total titulável (menos de 1%) durante o amadurecimento podem atingir alta aceitação pelo consumidor (Crisosto et al., 2004; Delgado et al., 2013), como a cultivar em estudo, 'Olímpia', que apresentou altos teores de SST e baixos teores de ATT.

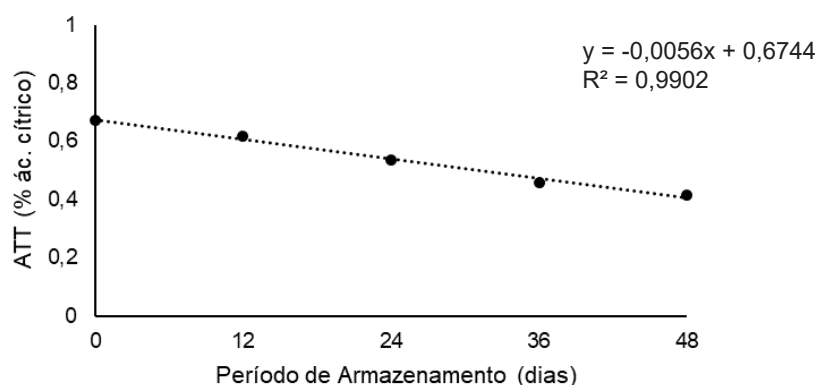


Figura 6. Acidez total titulável de pêssegos 'Olímpia' em diferentes períodos de armazenamento. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2022.

Tabela 4. Valores de acidez total titulável (ATT) em pêssegos 'Olímpia' armazenados em atmosfera refrigerada (AR), atmosfera controlada (AC) e atmosfera controlada dinâmica (ACD) nos períodos de 0, 12, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2022

Sistemas de armazenamento	Acidez total titulável (ATT) – % ácido cítrico					
	Período de Armazenamento (dias)					Médias
	0	12	24	36	48	
Atmosfera refrigerada	0,642	0,558	0,455	0,404	0,345	0,481 b
Atmosfera controlada	0,672	0,703	0,567	0,533	0,403	0,576 a
Atmosfera controlada dinâmica	0,702	0,591	0,590	0,434	0,498	0,563 a

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

A relação entre sólidos solúveis totais / acidez total titulável apresentou comportamento semelhante ao SST e inverso ao ATT (Figura 7). Por outro lado, os três sistemas apresentaram um comportamento de elevação dos teores dessa relação. Os valores mais elevados, assim como a maior diferença entre o primeiro e o último período, foram observados em AR, com 25,29 no dia 0 e 53,51 aos 48 dias (Tabela 5). Na comparação de médias entre AR, AC e ACD, os maiores valores foram observados no AR, corroborando com variáveis anteriores, demonstrando que nos sistemas em que houve redução de oxigênio também houve a redução da evolução do amadurecimento. Segundo Valero e Serrano (2010), avaliar a razão entre o teor de sólidos solúveis totais e a acidez total titulável (SST/ATT), em vez de qualquer um deles isoladamente, é um melhor indicador de aceitação do consumidor. Pêssegos com alto teor de SST (mínimo de 11%) e baixo ATT (menos de 0,7%) mantêm alta aceitação do consumidor (Crisosto; Day, 2012).

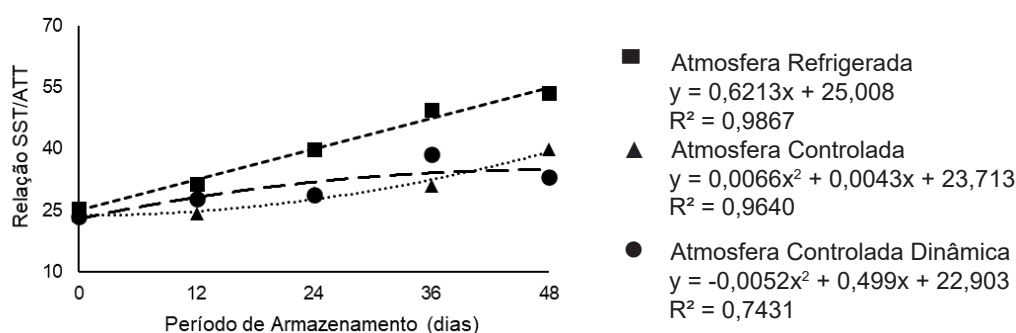


Figura 7. Relação entre sólidos solúveis totais e acidez total titulável (SST/ATT) em pêssego 'Olímpia' em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD) nos diversos períodos de armazenamento (0, 12, 24, 36 e 48 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2022.

Tabela 5. Valores da relação entre sólidos solúveis totais e acidez total titulável (SST/ATT) em pêssegos 'Olímpia' armazenados em atmosfera refrigerada (AR), atmosfera controlada (AC) e atmosfera controlada dinâmica (ACD) nos períodos de 0, 12, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2022.

Sistemas de armazenamento	Relação SST/ATT					
	Período de armazenamento (dias)					
	0	12	24	36	48	Médias
Atmosfera refrigerada	25,29 a	31,39 a	39,90 a	49,50 a	53,51 a	39,92 a
Atmosfera controlada	23,73 a	24,13 a	29,31 b	30,84 b	39,76 b	29,55 b
Atmosfera controlada dinâmica	23,56 a	27,88 a	28,71 b	38,59 b	33,13 b	30,37 b

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de significância.

Na perda de massa (PM), a AC e ACD apresentaram resultados semelhantes, com tendência de aumento, mas mantendo a PM inferior a 10% (Figura 8). A PM do AR também aumentou, porém com percentuais superiores a 10% a partir dos 12 dias, o que já é considerado elevado, e alcançando valores superiores a 20% aos 36 e 48 dias (Tabela 6).

A perda de massa se deve principalmente à perda cumulativa do teor de água da fruta (Crisosto; Valero, 2008), estando relacionada à respiração e à transpiração, nas quais a água se difunde através de estômatos, lenticelas e outras aberturas da superfície do fruto (Lara et al., 2014). Em algumas frutas, como pêssegos e nectarinas, a perda de aproximadamente 5-8% do teor de água (com base no peso na colheita) é suficiente para causar murchamento (Crisosto; Day, 2012).

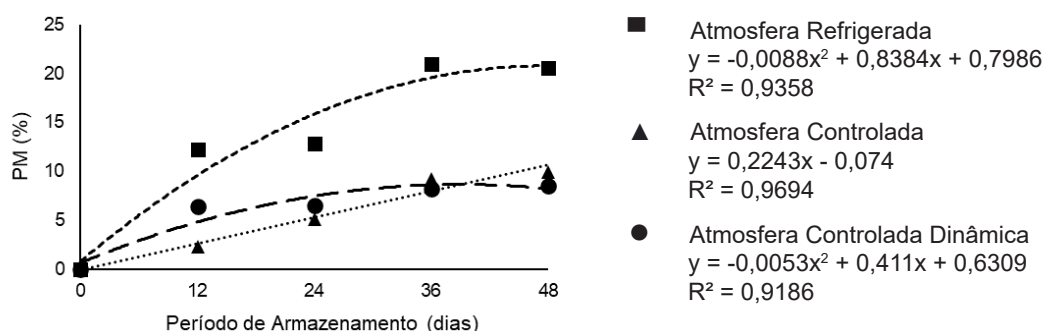


Figura 8. Perda de massa (PM) em pêssegos 'Olímpia' em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD) nos diversos períodos de armazenamento (0, 12, 24, 36 e 48 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2022.

Tabela 6. Valores da perda de massa (PM) em pêssegos 'Olímpia' armazenados em atmosfera refrigerada (AR), atmosfera controlada (AC) e atmosfera controlada dinâmica (ACD) nos períodos de 0, 12, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2022.

Sistemas de armazenamento	Perda de massa (PM) - %					
	Período de armazenamento (dias)					
	0	12	24	36	48	Médias
Atmosfera refrigerada	0,0 a	12,20 a	12,83 a	21,02 a	20,58 a	13,33 a
Atmosfera controlada	0,0 a	2,26 c	5,07 b	9,25 b	9,96 b	5,31 b
Atmosfera controlada dinâmica	0,0 a	6,37 b	6,55 b	8,25 b	8,55 b	5,94 b

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de significância.

A firmeza da polpa diminuiu conforme o avanço do período de armazenamento (Figura 9). Não foram observadas diferenças significativas entre as frutas submetidas aos três sistemas de armazenamento. Esses valores evidenciam que as frutas seguiram o processo normal de amadurecimento, o qual, devido a muitos processos metabólicos, provoca a redução da firmeza (Chitarra; Chitarra, 2005). Sestari et al. (2008) observaram maior firmeza em pêssegos 'Maciel' utilizando atmosfera controlada de 2 % de O₂ + 4 % de CO₂ a -0,5 °C por 60 dias mais 2 (dias) de comercialização. Entretanto neste experimento não foi possível verificar esse efeito.

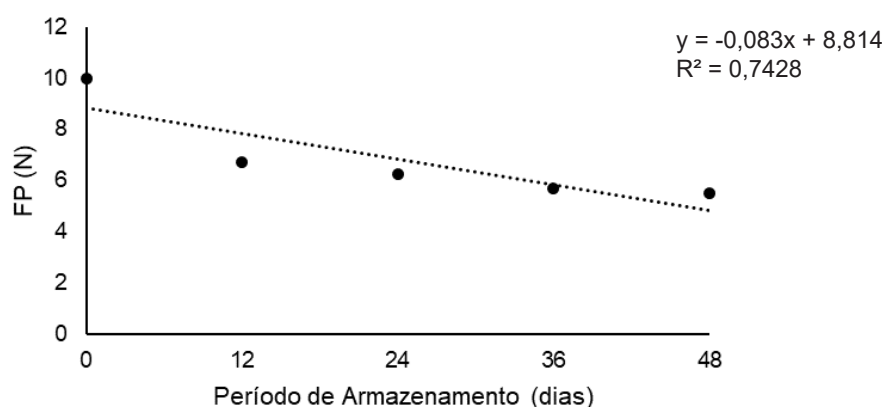


Figura 9. Firmeza da polpa de pêssegos 'Olímpia' em diferentes períodos de armazenamento. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2022.

Os resultados da produção de etileno foram apresentados após análise estatístico de comparação de médias (Tabela 7). As regressões não foram apresentadas porque os ajustes quadrático ou linear apresentarem coeficientes de determinação considerados baixos. Contudo, ao observar os períodos 24, 36 e 48 dias, verificou-se que na ACD as concentrações de etileno foram de 10,91 µL kg⁻¹ h⁻¹, 21,36 µL kg⁻¹ h⁻¹ e 19,93 µL kg⁻¹ h⁻¹, concentrações de etileno inferiores às observadas no AR, com teores médios de 32,25 µL kg⁻¹ h⁻¹, 59,94 µL kg⁻¹ h⁻¹ e 79,12 µL kg⁻¹ h⁻¹ respectivamente.

O etileno é um composto volátil de dois carbonos, que é produzido endogenamente e que, em concentrações muito baixas, em torno de 0,1 µL L⁻¹, pode induzir uma série de respostas fisiológicas, como o amadurecimento e a senescência (Watada, 1986). A utilização da técnica de AC possibilita reduzir a taxa respiratória e produção de etileno dos frutos, conservando assim as características físico-químicas, como acidez titulável, coloração da epiderme, sólidos solúveis e firmeza de polpa, além de reduzir a ocorrência de distúrbios fisiológicos (Brackmann et al., 2012; Weber et al., 2015). Entretanto, em algumas cultivares de pêssegos e nectarinas, a inibição do etileno pode causar injúria por frio, reduzindo a qualidade dos frutos e a aceitabilidade pelo consumidor (Lurie; Crisosto, 2005).

Tabela 7. Valores de etileno em pêssegos 'Olímpia' armazenados em atmosfera refrigerada (AR), atmosfera controlada (AC) e atmosfera controlada dinâmica (ACD) nos períodos de 0, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2022.

Sistema de Armazenamento	Etileno - µL C ₂ H ₄ kg ⁻¹ h ⁻¹				
	Período de armazenamento (dias)				Médias
	0	24	36	48	
Atmosfera refrigerada	44,53 cC	32,25 aD	59,94 aB	79,12 aA	53,96 a
Atmosfera controlada	52,51 bA	16,3 bC	27,43 bB	31,72 bB	31,99 b
Atmosfera controlada dinâmica	59,94 aA	10,91 bC	21,36 bB	19,93 cB	28,03 c
Médias	52,32 A	19,82 D	36,24 C	43,59 B	

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de signifi-

cância.

Observação: os dados da avaliação aos 12 dias foram desconsiderados por erro na leitura do equipamento.

O armazenamento de frutos em pressões parciais excessivamente baixas de oxigênio pode causar respiração anaeróbica, com produção de compostos como acetaldeído e etanol (Pesis, 2005; Saquet; Streif, 2008), que influenciam no aroma e são capazes de retardar e inibir a produção de etileno, interferindo diretamente na manutenção da qualidade dos frutos.

A produção de acetaldeído durante os períodos de armazenamento apresentou um enquadramento quadrático nos três sistemas de armazenamento (Figura 10). As maiores elevações foram constatadas em AC e ACD, em comparação com AR, sendo que os valores iniciais (0 dia) foram de $1,13\mu\text{L L}^{-1}$, $0,99\mu\text{L L}^{-1}$ e $1,34\mu\text{L L}^{-1}$ e finais (48 dias) foram de $3,20\mu\text{L L}^{-1}$, $13,18\mu\text{L L}^{-1}$ e $13,79\mu\text{L L}^{-1}$ em AR, AC e ACD, respectivamente. Na comparação das médias, o sistema AR, com o menor valor de $2,48\mu\text{L L}^{-1}$, diferiu estatisticamente de AC com $6,24\mu\text{L L}^{-1}$ e ACD com $5,66\mu\text{L L}^{-1}$ (Tabela 8).

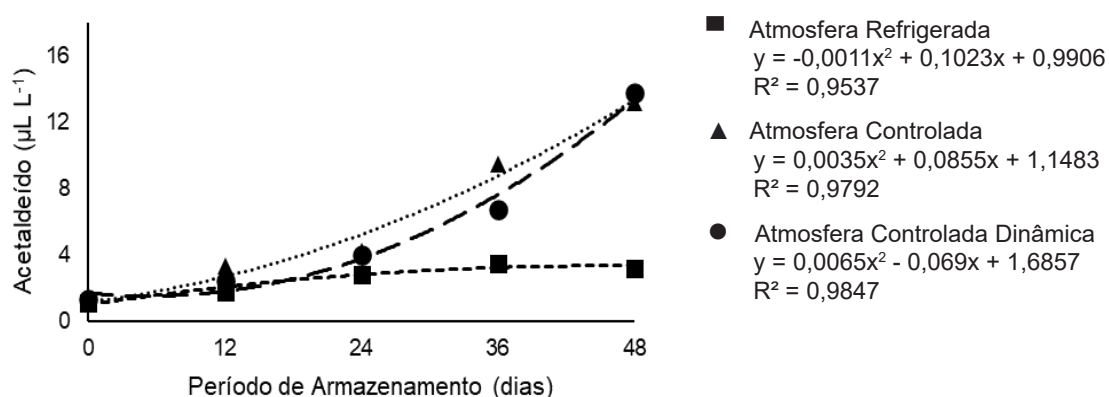


Figura 10. Teores de acetaldeído em pêssegos 'Olímpia' em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD) nos diversos períodos de armazenamento (0, 12, 24, 36 e 48 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2022.

Tabela 8. Valores de acetaldeído em pêssegos 'Olímpia' armazenados em atmosfera refrigerada (AR), atmosfera controlada (AC) e atmosfera controlada dinâmica (ACD) nos períodos de 0, 12, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2022.

Sistemas de armazenamento	Acetaldeído – µL L ⁻¹					
	Período de Armazenamento (dias)					
	0	12	24	36	48	Médias
Atmosfera refrigerada	1,13 a	1,77 a	2,83 a	3,48 c	3,20 b	2,48 b
Atmosfera controlada	0,99 a	3,34 a	4,20 a	9,50 a	13,18 a	6,24 a
Atmosfera controlada dinâmica	1,34 a	2,42 a	3,98 a	6,75 b	13,79 a	5,66 a

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey em nível de 5% de significância.

Na variável etanol, os resultados mostraram que os três sistemas de armazenamento aumentaram os teores desse álcool nas frutas, porém de maneira mais expressiva em AC e ACD, o que era esperado, devido às reduções de oxigênio nesses sistemas (Figura 11). Em AR o comportamento foi de aumento linear, iniciando em $14,44\mu\text{L L}^{-1}$ no dia 0 e finalizando com $235,92\mu\text{L L}^{-1}$ em 48 dias. Porém, em AC e ACD, o enquadramento foi quadrático, com valores no dia 0 de $8,41\mu\text{L L}^{-1}$ e $15,92\mu\text{L L}^{-1}$, observando-se um pico de aumento aos 36 dias de $791,77\mu\text{L L}^{-1}$ e $681,88\mu\text{L L}^{-1}$, terminando aos 48 dias com $440,93\mu\text{L L}^{-1}$ e $430,10\mu\text{L L}^{-1}$, respectivamente. Nas médias, o sistema AR diferiu de AC e ACD, que apresentaram os maiores valores (Tabela 9).

Saquet et al. (2000; 2003) afirmam que, em condições de armazenamento que induzem ao escurecimento da polpa de maçãs e peras, a ocorrência desse distúrbio fisiológico pode ser decorrente da redução no meta-

bolismo energético e no conteúdo de fosfolipídios, com consequente descompartmentalização das estruturas intracelulares (Veltman et al., 2003). Segundo Peppelenbos (1996), alguns trabalhos têm demonstrado que a ocorrência de distúrbios fisiológicos está diretamente relacionada com o metabolismo fermentativo. Nessa situação, ocorre uma indução da respiração anaeróbica e a formação e o acúmulo de etanol e acetaldeído, os quais são compostos tóxicos que podem desencadear o escurecimento da polpa dos frutos e o desenvolvimento de aroma e sabor alcoólico (Peppelenbos, 1996; Saquet et al, 2000).

Entretanto, neste experimento, é possível que o distúrbio fisiológico que ocasionou o escurecimento da polpa não esteja relacionado ao aumento da produção de etanol e acetaldeído, produtos da fermentação, uma vez que as frutas conservadas no sistema AR também apresentaram essa característica.

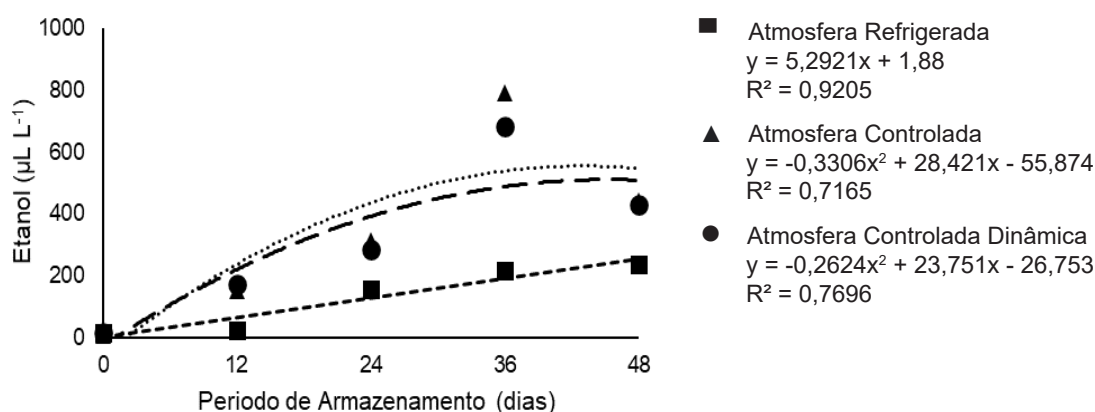


Figura 11. Níveis de etanol em pêssegos 'Olímpia' em diferentes atmosferas de armazenamento (AR, AC e ACD) nos diversos períodos de armazenamento (0, 12, 24, 36 e 48 dias). Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.

Tabela 9. Valores de etanol em pêssegos 'Olímpia' armazenados em atmosfera refrigerada (AR), atmosfera controlada (AC) e atmosfera controlada dinâmica (ACD) nos períodos de 0, 12, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2022.

Sistemas de armazenamento	Etanol - µL L ⁻¹					
	Período de armazenamento (dias)					Médias
	0	12	24	36	48	
Atmosfera refrigerada	14,44 a	23,84 b	154,32 b	215,93 b	235,92 b	128,89 b
Atmosfera controlada	8,41 a	150,46 a	311,46 a	791,77 a	440,93 a	340,61 a
Atmosfera controlada dinâmica	15,92 a	171,22 a	283,92 a	681,88 a	430,10 a	316,61 a

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

A incidência de podridões foi demonstrada como uma variável descritiva, através dos percentuais encontrados nos três sistemas ao longo dos períodos de armazenamento. Neles, observou-se que nos períodos de 36 e 48 dias houve o aumento da incidência de podridões, sendo as frutas conservadas no sistema AC foram as que apresentaram um percentual mais elevado de 26,27%, aos 48 dias. Contudo, ACD foi o sistema que apresentou os menores percentuais de frutas com podridões, sendo de 11,65% aos 48 dias (Figura 12). Para uma análise mais precisa dessa variável em estudos futuros, faz-se necessário um conhecimento inicial do potencial de inóculos que venham a causar podridões.

A incidência do distúrbio fisiológico escurecimento interno foi constatada nas frutas dos três sistemas de armazenamento estudados, observando-se uma maior intensidade nas frutas do sistema AR aos 48 dias de armazenamento (Figuras 13 e 14).

As frutas de pêssogo, quando armazenadas por longos períodos sob baixas temperaturas, podem ser afetadas pelo aparecimento de injúrias pelo frio (*chilling injury* – CI), cujos principais sintomas são o escurecimento da polpa e cavidade da semente (*internal browning*) e a desintegração da polpa da fruta conhecida como farinhosidade ou lanosidade (*woolliness*) (Kluge et al., 1998; Zhou et al., 2000). A incidência desses

distúrbios depende da cultivar (condições genéticas), das condições de campo (clima, manejo, maturação) e de armazenamento (temperatura). O escurecimento da polpa trata-se de um distúrbio fisiológico proveniente de mudanças na integridade e na permeabilidade das membranas celulares, as quais modificam o metabolismo celular e reduzem a atividade normal das enzimas ligadas às membranas, sobretudo as oxidativas. A alteração na coloração da polpa deve-se a danos causados às células por produtos intermediários tóxicos, acumulados durante a frigoconservação, e à oxidação dos compostos fenólicos, causada principalmente devido ao aumento na atividade da enzima polifenoloxidase (Kluge et al., 2002).

Tais distúrbios são geneticamente influenciados e desencadeados por uma combinação de temperatura de armazenamento e sua duração. O tamanho do fruto, a atmosfera de armazenamento e a temperatura têm efeitos significativos no desenvolvimento dos sintomas de CI no pêssego e na nectarina (Crisosto et al., 2009). Em geral, distúrbios fisiológicos devido ao armazenamento a frio prolongado são questões-chave que limitam o potencial de armazenamento de certas cultivares de pêssego a algumas semanas. Em todas as cultivares suscetíveis, o sabor é perdido antes dos sintomas visuais de escurecimento ficarem evidentes (Manganaris; Crisosto, 2020) e, geralmente, esse sintoma acaba sendo percebido no final da cadeia pelo consumidor.

As cultivares diferem em relação à susceptibilidade de desenvolver escurecimento da polpa. Além disso, o ponto de colheita (Fernández-Trujillo et al., 1998), a aplicação de aminoetoxivinilglicina (AVG) (Ju et al., 1999) e as condições de armazenamento utilizadas (Ceretta et al., 2000; Brackmann et al., 2005) afetam significativamente a incidência e a severidade desse distúrbio fisiológico.

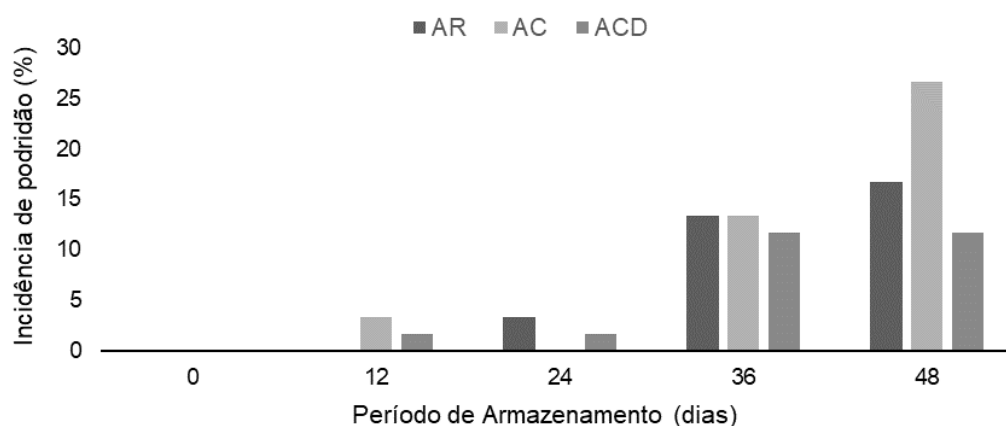


Figura 12. Incidência de podridões em pêssegos 'Olímpia' armazenados em AR, AC e ACD em 0, 12, 24, 36 e 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2022.



Figura 13. Pêssegos 'Olímpia' sem danos de escurecimento interno, armazenados em AR, AC e ACD durante 12 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.



Figura 14. Incidência do distúrbio escurecimento interno em pêssegos 'Olimpia' armazenados em AR, AC e ACD durante 48 dias. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2020.

Conclusões

Pêssegos da cultivar Olímpia, aos 48 dias de armazenamento, apresentam sensibilidade de exposição à baixa temperatura, observando-se o distúrbio de escurecimento da polpa, com maior severidade nas frutas submetidas ao armazenamento refrigerado convencional.

Pêssegos armazenados em atmosfera controlada e controlada dinâmica, até os 36 dias de armazenamento, apresentam melhor qualidade que os conservados em armazenamento refrigerado convencional, considerando-se a cultivar Olímpia. O sistema de atmosfera controlada dinâmica demonstra ser ligeiramente superior à atmosfera controlada, retardando os processos de amadurecimento das frutas e mantendo os parâmetros de qualidade.

Referências

- ASSUMPTÃO, C. F.; SOUZA, E. C.; FLÔRES, S. H.; RIOS, A. O. Pêssego minimamente processado submetidos a tratamento com quitosana. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 17, n. 3, p. 293-299, 2015.
- BARRETO, C. F.; NAVROSKI, R.; BENETTI, J. A.; FARIAS, R. D.; MARTINS, C. R.; MALGARIM, M. B. Conservação e qualidade de pêssegos 'BRS Kampai' na pós-colheita. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 21, n. 1, 2019.
- BEAUDRY, R. M. Effect of O₂ and CO₂ partial pressure on selected phenomena affecting fruit and vegetable quality. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, n. 3, p. 293-303, mar. 1999.
- BOTH, V.; THEWES, F. R.; BRACKMANN, A.; DE OLIVEIRA ANESE, R.; DE FREITAS FERREIRA, D.; WAGNER, R. Effects of dynamic controlled atmosphere by respiratory quotient on some quality parameters and volatile profile of 'Royal Gala' apple after long-term storage. **Food Chemistry**, v. 215, p. 483-492, 2017.
- BRACKMANN, A.; CHITARRA, A. B. **Atmosfera controlada e atmosfera modificada. Armazenamento e processamento de produtos agrícolas**. Lavras: UFLA/SBEA, p. 133-170, 1998.
- BRACKMANN, A.; GASPAERIN, A. R. D.; BOTH, V.; AVANELLO, E. P.; SCHORR, M. R. W.; ANESE, R. D. O. **Aplicação de 1-metilciclopropeno, estresse inicial com baixo oxigênio e armazenamento em ultrabaixo oxigênio na qualidade de maçã 'Fuji'**. *Ciência Rural*, v. 42, p. 1386-1391, 2012.
- BRACKMANN, A.; PINTO, J.; NEUWALD, D.; GIEHL, R.; SESTARI, I. Temperatura e otimização da atmosfera controlada para o armazenamento de maçã "Gala". **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 11, n. 4, p. 505-508, 2005.
- BRACKMANN, A.; STEFFENS, C. A.; GIEHL, R. F. H. Armazenamento de pêssego "Chimarrita" em atmosfera controlada e sob absorção de etileno. **Ciência Rural**, v. 33, n. 3, p. 431-435, 2003.

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

CANTILLANO, R. F. F. **Estudio del Efecto de las Atmósferas Modificadas durante el Almacenamiento y Comercialización de algunas Frutas y Hortalizas**. 1998. 275 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Universidad Politécnica de Valencia, UPV, Espanha, 1998.

CANTILLANO, R. F. F. Pós-colheita em fruteiras de caroço, In: MONTEIRO, L. B.; DE MIO, L. L. M.; MONTE SERRAT, B.; CUQUEL, F. L. **Fruteiras de caroço: uma visão ecológica**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2003. p. 317-332.

CANTILLANO, R. F. F. Manejo Pós-Colheita: Fisiologia e Tecnologia. In: RASEIRA, M. C. B.; PEREIRA, J. F. M.; CARVALHO, F. L. C. C. **Pessegueiro**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. Cap. 20, p. 559-604.

CERETTA, M.; ANTUNES, P. L.; BRACKMANN, A.; NAKASU, B. H. Conservação em atmosfera controlada de pêssego cultivar Eldorado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 73-79, 2000.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. rev. ampl. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2005.

CRISOSTO, C. H. Optimum procedures for ripening stone fruit. Management of fruit, ripening. **Postharvest Horticulture**, Series No. 9., 1999.

CRISOSTO, C. H.; CRISOSTO, G. M.; ECHEVERRIA, G.; PUY, J. Segregation of peach and nectarine (*Prunus persica* (L.) Batsch) cultivars according to their organoleptic characteristics. **Postharvest Biology and Technology**, v. 39, n. 1, p. 10-18, 2006.

CRISOSTO, C. H.; DAY, K. R. Stone fruit. In: REES, D.; FARRELL, G.; ORCHARD, J. (ed.). **Crop post-harvest: science and technology**. Oxford: Blackwell Publishing, 2012. p. 212-225.

CRISOSTO, C. H.; GARNER, D.; CRISOSTO, G. M.; BOWERMAN, E. Increasing 'Blackamber' plum (*Prunus salicina* Lindl.) consumer acceptance. **Postharvest Biology and Technology**, v. 34, n. 3, p. 237-244, 2004.

CRISOSTO, C. H.; LURIE, S.; RETAMALES, J. Stone fruits, pp. 287-316. In: Yahia, E. M. (ed.). **Modified and controlled atmospheres for the storage, transportation, and packaging of horticultural commodities**. New York: CRC Press, 2009.

CRISOSTO, C. H.; VALERO, D. Harvesting and Postharvest Handling of Peaches for the Fresh Market. **The Peach: Botany, Production and Uses**. Wallingford: CAB International, 2008. p. 575-596.

CUNHA JÚNIOR, L. C.; DURIGAN, M. F. B.; MATTIUZ, B. H. Conservação de pêssegos "Aurora-1" armazenados sob refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 386-396, 2010.

DEELL, J. R.; VAN KOOTEN, O.; PRANGE, R. K.; MURR, D. P. Applications of chlorophyll fluorescence techniques in post-harvest physiology. **Horticultural Reviews**, v. 23, p. 69-107, 1999.

DELGADO, C.; CRISOSTO, G. M.; HEYMANN, H.; CRISOSTO, C. H. Determining the primary drivers of liking to predict consumers' acceptance of fresh nectarines and peaches. **Journal of Food Science**, v. 78, n. 4, S605-S614, 2013.

FERNÁNDEZ-TRUJILLO, J. P.; CANO, A.; ARTÉS, F. Physiological changes in peaches related to chilling injury and ripening. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 13, p. 109-119, 1998.

GINÉ-BORDONABA, J.; CANTÍN, C. M.; ECHEVERRÍA, G.; UBACH, D.; LARRIGAUDIÈRE, C. The effect of chilling injury-inducing storage conditions on quality and consumer acceptance of different *Prunus persica* cultivars. **Postharvest Biology and Technology**, v. 115, p. 38-47, 2016.

GIRARDI, C. L.; ROMBALDI, C. V.; PARUSSOLO, A.; DANIELI, R. **Manejo pós-colheita de pêssegos cultivar Chiripá**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2000. 36 p. (Embrapa Uva e Vinho. Circular Técnica, 28).

IBGE. **Produção Agrícola**. 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br>.

INFANTE, R.; FARCUH, M.; MENESES, C. Monitoring the sensorial quality and aroma through an electronic nose in peaches during cold storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 88, n. 12, p. 2073-2078, 2008.

JU, Z.; DUAN, Y.; JU, Z. Combinations of GA₃ and AVG delay fruit maturation, increase fruit size and improve storage life of 'Feicheng' peaches. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, Ashford, v. 74, p. 579-583, 1999.

KHAN, A. S.; SINGH, Z.; ALI, S. Postharvest Biology and Technology of Plum. In: MIR, S. A.; SHAH, M. A.; MIR, M. M. **Postharvest Biology and Technology of Temperate Fruits**. Cham: Springer, 2018. p. 101-145.

KLUGE, R. A.; NACHTIGAL, J. C.; FACHINELLO, J. C.; BILHALVA, A. B. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. Campinas: Rural, 2002. 214 p.

KLUGE, R. A.; NACHTIGAL, J. C.; HOFFMANN, A.; BILHALVA, A. B.; FACHINELLO, J. C. Efeito de ésteres de sacarose sobre pêssegos 'BR-6' refrigerados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 2, p. 109-114, fev. 1998.

KUMAR, P.; SETHI, S.; SHARMA, R. R.; SRIVASTAV, M.; VARGHESE, E. Effect of chitosan coating on postharvest life and quality of plum during storage at low temperature. **Science Horticulturae**, v. 226, p. 104-109, 2017.

LARA, I.; BELGE, B.; GOULAO, L. F. The fruit cuticle as a modulator of postharvest quality. **Postharvest Biology and Technology**, v. 87, p. 103-112, 2014.

LURIE, S.; CRISOSTO, C. H. Chilling injury in peach and nectarine. **Postharvest Biology and Technology**, v. 37, n. 3, p. 195-208, 2005.

MANGANARIS, G. A.; CRISOSTO, C. H. Stone fruits: peaches, nectarines, plums, apricots. In: GIL, M. I.; BEAUDRY, R. (ed.). **Controlled and Modified Atmospheres for Fresh and Fresh-Cut Produce**. Cambridge: Academic Press, 2020. p. 311-322.

PEGORARO, C.; ZANUZO, M. R.; CHAVES, F. C.; BRACKMANN, A.; GIRARDI, C. L.; LUCCHETTA, L.; NORA, L.; SILVA, J. A.; ROMBALDI, C. V. Physiological and molecular changes associated with prevention of woolliness in peach following pre-harvest application of gibberellic acid. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 57, n. 1, p. 19-26, jul. 2010.

PEPPELENBOS, H. W. **The use of gas exchange characteristics to optimize CA storage and MA packaging of fruits and vegetables**. 1996. 147 p. Tese (Doutorado) - Landbouwniversiteit Wageningen.

PESIS, E. The role of the anaerobic metabolites, acetaldehyde and ethanol, in fruit ripening enhancement of fruit quality and fruit deterioration. **Postharvest Biology and Technology**, v. 37, p. 1-19, 2005.

PINTO, J. A. V.; BRACKMANN, A.; SCHORR, M. R. W.; VENTURIN, T. L.; THEWES, F. R. Indução de perda de massa na qualidade pós-colheita de pêssegos 'Eragil' em armazenamento refrigerado. **Ciência Rural**, Santa Maria, n. 42, n. 6, p. 962-968, jun. 2012.

PRANGE, R. K.; DeLONG, J.; HARRISON, P.; LEYTE, J.; MCLEAN, S. D.; SCRUTTON, J. G. E.; CULLEN, J. J. Oxygen concentration affects chlorophyll fluorescence in chlorophyll-containing fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 24, n. 2, p. 201-205, 2003.

PRANGE, R. K.; DeLONG, J.; HARRISON, P.; LEYTE, J.; MCLEAN, S. D.; SCRUTTON, J. G. E.; CULLEN, J. J. **A method and apparatus for monitoring a condition in chlorophyll containing matter**. Google Patents, 24 jan. 2007.

PRANGE, R. K.; DeLONG, J. M.; WRIGHT, A. H. Chlorophyll fluorescence: applications in postharvest horticulture. **Chronica Horticulturae**, v. 50, n. 1, p. 13-16, 2010.

PRANGE, R. K.; DeLONG, J. M.; WRIGHT, A. H. Storage of pears using dynamic controlled atmosphere (DCA), a non-chemical method. **Acta Horticulturae**, v. 909, p. 707-717, 2011.

PRANGE, R. K.; WRIGHT, A. H.; DeLONG, J. M.; ZANELLA, A. History, current situation and future prospects for dynamic controlled atmosphere (DCA) storage of fruits and vegetables, using chlorophyll fluorescence. **Acta Horticulturae**, v. 1012, p. 905-915, ISHS 2013.

RAFFO, A.; KELDERER, M.; PAOLETTI, F.; ZANELLA, A. Impact of Innovative Controlled Atmosphere Storage Technologies and Postharvest Treatments on Volatile Compound Production in Cv. Pinova Apples. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, n. 3, p. 915-923, 11 Feb. 2009. DOI: 10.1021/jf802054y.

RASEIRA, M. C. B.; NAKASU, B. H.; BARBOSA, W. Cultivares: descrição e recomendação. In: RASEIRA, M. C. B.; PEREIRA, J. F. M.; CARVALHO, F. L. C. (org.). **Pessegueiro**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. v. 1, p. 73-141.

ROCHA, A. M. C. N.; MORAIS, A. M. M. B. Shelf life of minimally processed apple (cv. Jonagored) determined by color changes. **Food Control**, Guildford, v. 14, n. 1, p. 13-20, 2003.

ROMBALDI, C. V.; SILVA, J. A.; PARUSSOLO, A.; LUCCHETTA, L.; ZANUZO, M. R.; GIRARDI, C. L.; CANTILLANO, R. F. F. Armazenamento de pêssegos (*Prunus persica* L.), cultivar Chiripá, em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, v. 32, n. 1, p. 43-47, 2002.

SAQUET, A. A.; STREIF, J.; BANGERTH, F. Changes in ATP, ADP and pyridine nucleotide levels related to the incidence of physiological disorders in 'Conference' pears and 'Jonagold' apples during controlled atmosphere storage. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 75, p. 243-249, 2000.

SAQUET, A. A.; STREIF, J.; BANGERTH, F. Impaired aroma production of CA-stored 'Jonagold' apples as affected by adenine and pyridine nucleotide levels and fatty acid concentrations. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 78, n. 5, p. 695-705, 2003.

SAQUET, A. A.; STREIF, J. Fermentative metabolism in 'Jonagold' apples under controlled atmosphere storage. **European Journal of Horticultural Science**, v. 73, p. 43-46, 2008.

SASAKI, F. F. **Tratamentos térmicos, cloreto de cálcio e atmosfera modificada em pêssegos 'IAC Douradão': aspectos fisiológicos, bioquímicos e de qualidade**. 2009. 178 f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SESTARI, I.; GIEHL, F. R. H.; PINTO, J. A. V.; BRACKMANN, A. Condições de atmosfera controlada para pêssegos "Maciel" colhidos em dois estádios de Maturação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 5, p. 1240- 1245, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

TRAN, D. T.; VERLINDEN, B. E.; HERTOOG, M.; NICOLAÏ, B. M. Monitoring of extreme low oxygen control atmosphere storage of 'Greenstar' apples using chlorophyll fluorescence. **Scientia Horticulturae**, v. 184, p. 18-22, 2015.

VALERO, D.; SERRANO, M. Changes in fruit quality attributes during handling, processing, and storage. In: VALERO, D.; SERRANO, M. **Postharvest biology and technology for preserving fruit quality**. Boca Raton: CRC press, 2010. p. 49-68.

VELTMAN, R. H.; VERSCHOOR, J. A.; RUIJSCH VAN DUGTEREN, J. H. Dynamic control system (DCS) for apples (*Malus domestica* Borkh. cv 'Elstar'): optimal quality through storage based on product response. **Postharvest Biology and Technology**, v. 27, p. 79-86, 2003.

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

WATKINS, C. B. Dynamic Controlled Atmosphere Storage - A New Technology for the New York Storage Industry? **New York Fruit Quarterly**, v. 16, p. 1-32, 2008.

WEBER, A.; BRACKMANN, A.; BOTH, V.; PAVANELLO, E. P.; ANESE, R. D. O.; THEWES, F. R. Respiratory quotient: innovative method for monitoring 'Royal Gala' apple storage in a dynamic controlled atmosphere. **Scientia Agricola**, v. 72, n. 1, p. 28-33, 2015.

WRIGHT, H.; DeLONG, J.; HARRISON, P. A.; GUNAWARDENA, A. H.; PRANGE, R. The effect of temperature and other factors on chlorophyll a fluorescence and the lower oxygen limit in apples (*Malus domestica*). **Postharvest Biology and Technology**, v. 55, n. 1, p. 21-28, 2010.

ZANELLA, A.; CAZZANELLI, P.; PANARESE, A.; COSER, M.; CHISTÈ, C.; ZENI, F. Fruit fluorescence response to low oxygen stress: modern storage technologies compared to 1-MCP treatment of apple. In: V International Postharvest Symposium 682. **Acta Horticulturae**, p. 1535-1542, 2005.

ZENEBON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. (coord.). **Métodos físicos-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. p. 589-625.

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

Embrapa

Clima Temperado