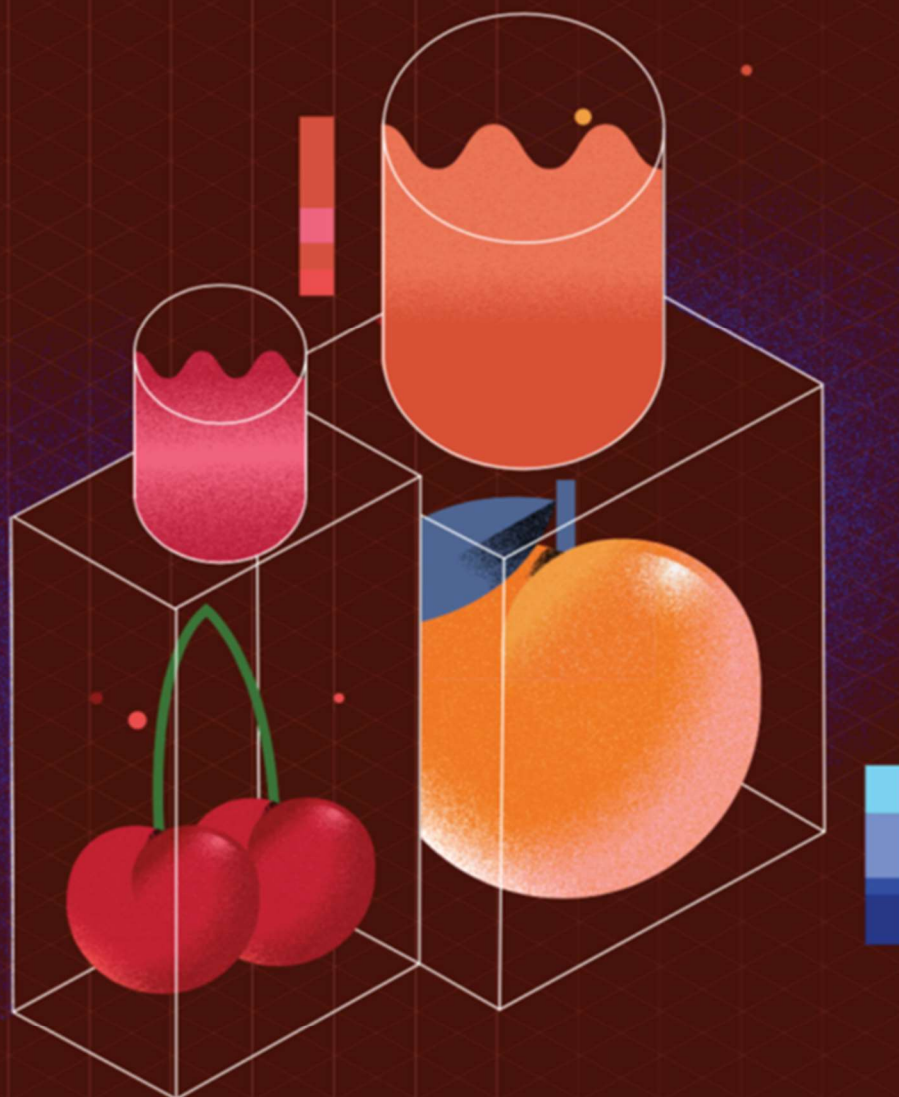


PrunusPÓS

Inovação no pós-colheita
de pêsego e cereja



COTHN
CENTRO OPERATIVO E TECNOLÓGICO
HORTOFRUTÍCOLA NACIONAL



PRUNUSPÓS 🍷

PrunusPÓS

Inovação no pós-colheita de pêssego e cereja

Maria Paula Simões

(COORDENAÇÃO)

VOLUME III

CENTRO OPERATIVO E TECNOLÓGICO HORTOFRUTÍCOLA NACIONAL –
CENTRO DE COMPETÊNCIAS

Ficha Técnica

Título: PrunusPÓS – Inovação no pós-colheita de pêssego e cereja

Coordenação: Maria Paula Simões

Editor: COTHN-CC – Centro Operativo e Tecnológico Hortofrutícola Nacional – Centro de Competências

Autores e copyright:

Abel Veloso	João Pedro Luz
Adhiyaman Ilangovan	Luís Pinto de Andrade
Cátia Baptista	Mafalda Resende
Christophe Espírito-Santo	Luísa Paulo
Conceição Amaro	Maria Paula Simões
Cristina Canavarro	Martim Aguiar
Cristina Miguel Pintado	Pedro Dinho Silva
Diogo Morais	Pedro Dinis Gaspar
Dora Ferreira	Sasi K. Madhan
Helena Beato	

Revisão: Maria Paula Simões

Design Editorial: SUPER Brand Consultants

Tiragem: 300 exemplares

Impressão e Acabamento: Empresa Diário do Porto, Lda

Data de Impressão: Abril de 2022

Depósito Legal: 497601/22

ISBN: 978-972-8785-22-2

Capítulo 5

Efeito de diferentes condições de conservação (atmosfera normal e atmosfera controlada) na qualidade da cereja da cv. Satin

Luís Pinto de Andrade^{1,4}, Abel Veloso^{1,4}, Christophe Espírito Santo^{2,3}, Pedro Dinis Gaspar^{5,6}, Pedro Dinho Silva^{5,6}, Mafalda Resende², Helena Beato², Cátia Baptista², Cristina Miguel Pintado², Luísa Paulo² e Maria Paula Simões^{1,4}

¹IPCB – Instituto Politécnico de Castelo Branco | Escola Superior Agrária

²CATAA – Centro de Apoio Tecnológico Agro Alimentar

³CFE - Centre for Functional Ecology, Universidade de Coimbra

⁴CERNAS - Centro de Estudos de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade

⁵UBI – Universidade da Beira Interior

⁶C-MAST - Centre for Mechanical and Aerospace Science and Technologies

5.1 Introdução

A cereja é uma drupa (fruto de caroço), proveniente da cerejeira (*Prunus avium* L.) pertencente à família das Rosáceas, subfamília das Prunóideas, altamente apreciado pelas suas características organolépticas e nutricionais. No entanto, a sua sensibilidade ao manuseamento e a sua perecibilidade tornam o manuseamento pós-colheita, a conservação e o transporte um desafio. Assim, o armazenamento sob refrigeração e em atmosfera controlada têm uma elevada potencialidade para o aumento do tempo de vida útil deste fruto.

Apesar de ser um fruto não climatérico, a cereja deteriora-se rapidamente após a colheita tendo, por isso, um período de comercialização curto que, no hemisfério norte, se estende desde maio até agosto (Blando and Oomah, 2019). A deterioração pode ter diversas causas e inclui o *pitting*, danos por abrasão, alterações na cor da pele, desidratação e acastanhamento dos pedúnculos, diminuição da firmeza da polpa, perda de acidez e aparecimento de bolores (Serrano et al., 2005; Mattheis e Fellman, 2016; Wang et al., 2016; Yang et al., 2019).

A conservação a baixa temperatura e com elevada humidade relativa (tipicamente acima de 90%) é essencial para prolongar o tempo de vida útil dos produtos hortofrutícolas e, em particular, da cereja (Chockchaisawasdee et al., 2016). A conservação em atmosfera controlada é uma técnica adicional que pode ajudar a atrasar a deterioração e que é sempre utilizada em conjunto com a refrigeração. Esta técnica consiste, resumidamente, na conservação sob concentrações baixas de oxigénio (O₂) e/ou elevadas de dióxido de carbono (CO₂). Nessas condições, a taxa respiratória dos tecidos vegetais é reduzida e o desenvolvimento de fungos é atrasado (McCune et al., 2011; Yang et al., 2019).

Dessa forma, a refrigeração e as atmosferas controladas trazem diversos benefícios na conservação da cereja, nomeadamente, na manutenção da cor verde e do aspeto fresco dos pedúnculos e na redução da incidência de podridões, de perdas de firmeza e de acidez e de alterações na cor (Mattheis e Fellman, 2016).

As condições ideais de conservação, nomeadamente a temperatura, a humidade relativa e as concentrações de O₂ e de CO₂, dependem do produto que se pretende conservar e devem ser corretamente definidas.

O Quadro 5.1 mostra uma síntese das condições experimentais testadas em diversos estudos relacionados com cereja. Os valores apresentados não traduzem, necessariamente, as condições aconselhadas, mas antes aquelas que foram testadas pelos autores dos estudos. No entanto, ilustram a diversidade de condições já avaliadas, em particular, no que diz respeito às concentrações de O₂ e de CO₂. Relativamente aos valores aconselhados, Mitcham et al. (1996) referem temperaturas entre -1°C e 0°C, humidade relativa

entre 90% e 95% e concentrações de O₂ e de CO₂, respetivamente, entre 3% e 10% (O₂) e entre 10% e 15% (CO₂). Mattheis e Fellman (2016) indicam valores semelhantes de temperatura e de humidade relativa. Contudo, as concentrações de O₂ e de CO₂ aconselhadas por esses autores são, respetivamente, de 1% a 5% (O₂) e de 5% a 20% (CO₂).

Quadro 5.1 – Condições de conservação de cereja encontradas na bibliografia. Os valores apresentados traduzem as condições avaliadas nos diversos estudos que não representam, necessariamente, as condições ótimas de conservação. Mostram-se apenas os valores referentes a atmosferas controladas apesar de a maior parte dos estudos incluir também uma modalidade controlo em atmosfera normal (21% O₂ – 0% CO₂).

Cultivares	[O ₂] (%)	[CO ₂] (%)	Temperatura e Humidade Relativa (°C; %HR)	Tempo de conser- vação (d)	Referências
0900 Ziraat	5	5 a 25	(-0,5 a 0,5; 85 a 95)	60	(Akbudak et al., 2009, 2008)
Regina	3	5	(2 a 8; 80 a 90)	60	(Dziedzic et al., 2017)
Regina	2, 18	6 a 24	(1;-)	49	(Harb et al., 2003)
Bing	2, 10	0, 10	(1; 95)	21	(Luchsinger et al., 2005)
Sweetheart	8	10	(1; 95)	27	(Palma et al., 2012)
Burlat	4, 20	5, 12	(5;-)	10	(Remón et al., 2004)
Ambrunés	3 a 8	10	(1; 95)	30	(Serradilla et al., 2013)
Bing	1	15	(1;-)	14	(Shellie et al., 2001)
Stella, German Late, Colney, Pointed Black	0 a 20	1 a 21	(0 a 10; -)	19	(Stow et al., 2004)
Lapins	5, 70	0, 10	(1; 95)	60	(Tian et al., 2004)
Emperor Francis, Huldra, Sam, Stella, Kristin, Van	10, 20	5 a 20	(0 a 2; >95)	21	(Wang and Vestrheim, 2002)
Lapins, Colney	2, 5	5 a 15	(1; -)	18	(Wermund and Lazar, 2003)
Lapins	5	10	(-1 a 1; 90 a 95%)	63	(Yang et al., 2019)

Caso essas concentrações não sejam adequadamente definidas podem surgir problemas de conservação e, por isso, o tempo de vida útil da cereja pode diminuir. Por exemplo, se a concentração de O₂ for demasiado baixa (<1%) ou se a concentração de CO₂ for demasiado elevada (>30%) podem surgir cheiros ou sabores desagradáveis, relacionados com a intensificação do metabolismo anaeróbio nos tecidos vegetais (Mitcham et al., 1996).

Concentrações

demasiado baixas de O₂ podem, também, estar relacionadas com o aparecimento ou a intensificação de *pitting* (Wang and Long, 2014) que se caracteriza por depressões na superfície da cereja motivadas pelo colapso das células abaixo da epiderme (Figura 5.1). Para além



Figura 5.1 – Cereja afetada por *pitting*.

disso, o *pitting* pode também estar associado ao armazenamento a temperaturas demasiado baixas (<0°C) ou a infeções por vírus (Porritt et al., 1971). No entanto, os danos mecânicos, que podem acontecer na colheita ou durante o manuseamento posterior dos frutos, parecem ser a causa primordial mais importante deste problema que pode manifestar-se apenas posteriormente, durante a conservação da cereja (Mitcham et al., 1996; Mattheis and Fellman, 2016).

Com estes ensaios pretendeu-se avaliar o efeito de 2 localizações distintas (Organização de Produtores, OP e Centro de Apoio Tecnológico Agro Alimentar, CATAA) e de 4 diferentes atmosferas controladas na evolução de variáveis físico-químicas e sensoriais, assim como na incidência de podridões em cerejas da cultivar Satin.

5.2 Material e métodos

5.2.1 Armazenamento e amostragem

Este estudo de conservação de cereja em atmosfera normal e em atmosfera controlada foi realizado com a cv. Satin e decorreu ao longo de 4 anos, de 2018 a 2021. Compreendeu um total de 6 modalidades, 2 delas em atmosfera normal (mod. 1 e 2) e 4 em atmosfera controlada (mod. 3 a 6) com a combinação de 2 concentrações distintas de O₂ (3% e 10%) e de 2 concentrações distintas de CO₂ (10% e 15%), como se mostra no Quadro 5.2.

Todas as modalidades foram conservadas no interior de câmaras frigoríficas. A modalidade 1 foi conservada numa câmara da Organização de Produtores e as restantes modalidades foram conservadas em duas câmaras do Centro de Apoio Tecnológico Agro-Alimentar (Quadro 5.2).

Em cada um dos anos, o ensaio foi montado no CATAA (Figura 5.2), no início de junho (de acordo com a maturação da cultivar) e prolongou-se por 49 dias em 2018, 2019 e 2020 e por um total de 40 dias em 2021 (Quadro 5.2), devido à necessidade de instalar o ensaio de conservação de pêsego.



Figura 5.2 – Aspeto geral da montagem do ensaio.

Nas modalidades de atmosfera normal, o início da amostragem foi aos 3 dias em 2018 e aos 7 dias nos anos seguintes (Quadro 5.2). Nas modalidades de atmosfera controlada, o início foi aos 14 dias em cada um dos 4 anos. Com exceção da primeira amostragem do ensaio de 2018, a recolha de amostras foi feita semanalmente.

Quadro 5.2 – Modalidades testadas, locais de conservação, composição da atmosfera e períodos de amostragem em cada ano no ensaio de conservação de cereja ‘Satin’.

Ciclo	Modalidade	Composição da atmosfera (%O ₂ -%CO ₂)	Local de conservação	Tempos de amostragem (dias)
2018	1-OP	21%-0%	OP	3, 7, 14, 21
	2-AN			3, 7, 14, 21, 28, 35
	3-310	3%-10%	CATAA	7, 21, 35, 42, 49
	4-315	3%-15%		
	5-1010	10%-10%		
	6-1015	10%-15%		
2019, 2020 e 2021	1-OP	21%-0%	OP	7, 14, 21, 28 (2019 e 2020)
	2-AN			7, 14, 21, 28 e 35 (2021)
	3-310	3%-10%	CATAA	14, 21, 28, 35, 42, 49 (2019 e 2020)
	4-315	3%-15%		
	5-1010	10%-10%		
	6-1015	10%-15%		

Cada amostra correspondeu a uma caixa de rede com 50 cerejas escolhidas de forma a constituírem uma amostra homogênea em peso e em cor, e sem qualquer defeito visível. No conjunto dessas 50 cerejas, 20 cerejas são numeradas individualmente para uma monitorização correta (Figura 5.3). Essa amostra foi colocada num cesto e este, por sua vez, foi acondicionado no centro de um tabuleiro de 5 kg (Figura 5.4), rodeado de cerejas de forma a simular as condições utilizadas durante a conservação.

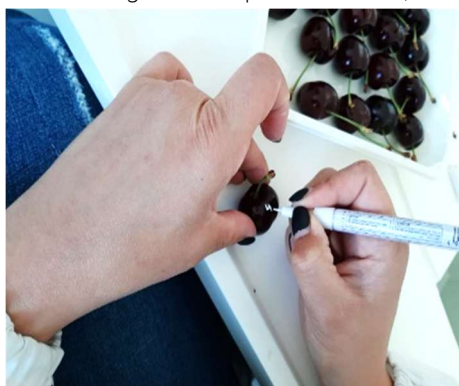


Figura 5.4 – Numeração das cerejas reservadas às análises físico-químicas.

A amostra de 20 cerejas foi utilizada nas análises físico-químicas e a sua numeração permitiu determinar a diferença de peso e de cor de cada uma entre o dia de amostragem e o dia de instalação do ensaio.



Figura 5.3 – Cesto de rede com 50 cerejas, das quais 20 são numeradas para monitorização individual.



Figura 5.4 – Tabuleiro de 5 kg de cereja com o cesto de rede com a amostra das 50 cerejas.

Para cada dia de amostragem foram preparadas 3 réplicas/cestos para as análises físico-químicas e 1 réplica/cesto para a avaliação de podridões. A manipulação dos frutos deste último cesto foi a mínima possível para se evitarem contaminações desnecessárias.

Os tabuleiros foram organizados em europaletes e aquelas que receberam as modalidades em atmosfera controlada foram cobertos com um saco de LDPE (Figura 5.5) ligado a uma unidade de monitorização e controlo de gases (GAC 5000, Fruitcontrol Equipments). Os gases



Figura 5.5 – Europaletes cobertas com um saco de LDPE cada uma delas contendo uma modalidade conservada em atmosfera controlada.

utilizados foram o CO₂, proveniente de uma garrafa de gás comprimido (Biogon C, E290, Linde); o O₂, proveniente do ar exterior e injetado no interior dos sacos com um compressor (HYAC24-2, Hyundai) e o N₂, utilizado como gás inerte para equilibrar a pressão no interior dos sacos e obtido a partir de um gerador desse gás (Nitrogen 30, Sysadvance).

A temperatura e a humidade relativa foram monitorizadas no interior das câmaras com *dataloggers* (EL-USB-2-LCD+, Lascar Electronics).

5.2.2 Análises físico-químicas

No dia da instalação (dia 0) foi utilizada uma amostra de 60 frutos como referência inicial para a determinação do peso, variáveis de cor CIE-Lab, firmeza, Teor de Sólidos Solúveis (TSS) e acidez titulável. Essas foram também as variáveis físico-químicas avaliadas em cada um dos dias de amostragem. Adicionalmente, foram avaliados o peso (balança digital, TE1502S, Sartorius) e a cor de todas as cerejas marcadas para permitir observar a evolução desses dois parâmetros não destrutivos ao longo do período de amostragem.

A perda de peso foi expressa em percentagem relativa ao peso inicial.

A cor foi avaliada em dois lados opostos do fruto com o colorímetro CR-400 Chroma Meter (Konica Minolta), equipado com o iluminante D65 e o *software* Colour Data CM-S100w.

O TSS foi determinado com o refratómetro PR-32 alpha (Atago), utilizando umas gotas de sumo de cada cereja e expresso em °Brix.

A firmeza foi avaliada com o texturómetro TA-XTplus (Stable Microsystems), equipado com a sonda P75 (75 mm de diâmetro).

A acidez titulável foi determinada em 3 sub-amostras de 6 a 7 frutos através de titulação até pH 8,1 com uma solução de NaOH 0,1 mol dm⁻³. Foi utilizado o titulador automático Titromatic 2S+3B (Crison) e o *software* TiCom. Os resultados foram expressos em percentagem equivalente de ácido málico.

5.2.3 Avaliação de podridões

A incidência de podridões foi avaliada em 2019, 2020 e 2021 por observação direta de 60 frutos por modalidade e dia de amostragem em 2019 e de 50 frutos em 2020 e 2021, do conjunto destinado a esse efeito e, por isso, minimamente manipulado. Os resultados foram expressos em percentagem de frutos afetados.

5.2.4 Aspeto dos pedúnculos

O aspeto dos pedúnculos foi avaliado em 2020 e em 2021 por observação direta dos frutos da repetição destinada à avaliação de podridões. Foram avaliadas 50 cerejas/pedúnculos por modalidade e dia de amostragem e utilizou-se uma escala de 1 a 5 pontos (1 – completamente castanho e seco, 5 – completamente verde e fresco) especialmente elaborada para esse efeito (Figura 5.6).

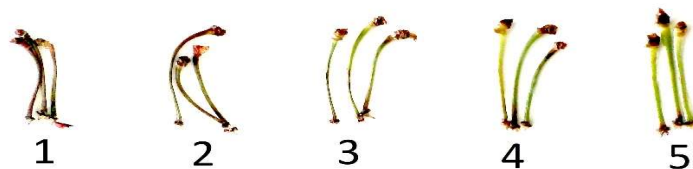


Figura 5.6 – Escala de 5 pontos utilizada para avaliar o aspeto dos pedúnculos. Como se pode observar, a pontuação de 1 corresponde a pedúnculos completamente castanhos e desidratados e a pontuação de 5 a pedúnculos verdes e frescos.

5.2.5 Análise estatística

A análise estatística foi realizada com o *software* SPSS 23 (IBM). Para as variáveis físico-químicas, as médias foram comparadas através de uma análise de variância (ANOVA) e ordenadas com o teste *post-hoc* Tukey HSD. Nas variáveis sensoriais utilizou-se o teste de Kruskal-Wallis de acordo com o procedimento descrito por Maroco (2011). As diferenças estatísticas foram aceites se $p < 0,05$.

5.3 Resultados

5.3.1 Temperatura e humidade relativa

Na Figura 5.7 apresenta-se o registo da temperatura nas diferentes modalidades e ciclos em estudo.

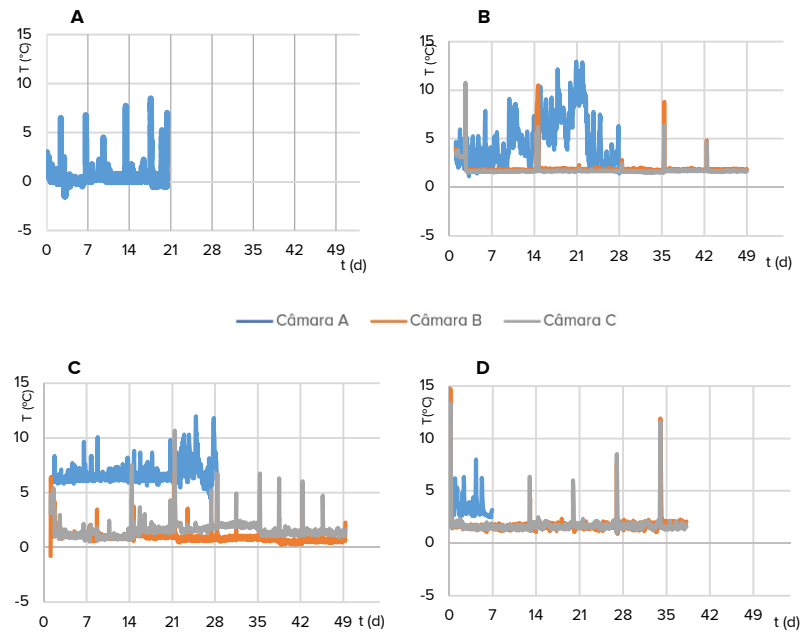


Figura 5.7 – Evolução da temperatura nas câmaras em 2018, 2019, 2020 e 2021. **A** – câmara A esteve localizada na OP em 2018; **B, C e D** – Evolução da temperatura nas câmaras A (OP) e B e C (CATAA) nos ciclos 2019, 2020 e 2021. Em 2021, devido a fatores imprevistos, os sensores de temperatura e humidade relativa presentes na câmara da OP só adquiriram dados até, aproximadamente, os 11 dias.

A gestão da câmara da OP esteve a cargo dessa organização e, por isso, seguiu os seus procedimentos habituais. Em 2018 a temperatura foi monitorizada apenas na câmara da OP. Contudo confirmou-se, por medições esporádicas, que a

câmara da OP (que recebeu a mod. 1) esteve, nesse ano, a uma temperatura inferior à das câmaras do CATAA. Já nos restantes anos (Figura 5.7) a temperatura média das câmaras do CATAA esteve próxima do intervalo aconselhado (-1°C a 0°C) por Mitcham et al. (1996) e por Mattheis e Fellman (2016). A humidade relativa das câmaras manteve-se próxima dos valores aconselhados (Mitcham et al., 1996; Mattheis and Fellman, 2016).

5.3.2 Variáveis físico-químicas

Dentro desta categoria foram avaliadas as variáveis diferença de peso, parâmetros de cor (CIE-Lab), firmeza, teor de sólidos solúveis e acidez titulável.

5.3.2.1 Amostras iniciais

O Quadro 5.3 mostra os resultados das análises realizadas nas amostras iniciais de frutos para cada um dos 4 anos.

O peso inicial médio de cada cereja variou entre 8,58 g (em 2018) e 12,91 g (em 2021). Relativamente às coordenadas de cor, a L^* foi aquela que menos variou entre os 3 anos de análise, tendo o seu valor mínimo ocorrido em 2021 (29,48) e o seu valor máximo em 2019 (33,35). A variação das coordenadas a^* e b^* foi consideravelmente maior sendo que os 2 últimos anos do ensaio apresentaram valores consideravelmente inferiores aos valores encontrados nos 2 primeiros anos. Assim, a média dos valores iniciais da coordenada a^* variou entre 12,26 (em 2020) e 26,81 (em 2018) e a da coordenada b^* variou entre 2,27 (em 2021) e 8,20 (em 2019).

Quadro 5.3 – Valores médios das variáveis físico-químicas encontrados nas amostras iniciais de cereja ‘Satin’ em cada um dos quatro anos do ensaio de conservação (2018 a 2021). Foram avaliadas 60 cerejas em cada um dos anos.

	Peso (g)	L^*	a^*	b^*	Firmeza (N)	TSS (°Brix)	AT (% ác. málico)
2018	8,58	30,85	26,81	7,78	2,02	17,78	0,84
2019	9,36	33,35	24,25	8,20	3,17	16,92	0,50
2020	10,37	29,66	12,26	2,51	3,85	16,76	0,42
2021	12,91	29,48	12,54	2,27	*	17,80	0,55

*A firmeza não foi avaliada em 2021 devido a um problema no equipamento.

A firmeza e o Teor de Sólidos Solúveis (TSS) apresentaram valores mais próximos entre si nos 3 anos de análises. A firmeza média da amostra inicial variou entre 2,02 N (2018) e 3,85 N (2020), semelhante ao intervalo de valores obtido por Paulo et al. (2015) para a cv. Sweetheart, isto é, 2,9 N a 3,3 N. Já os valores médios de TSS mantiveram-se entre 16,76°Brix (2020) e 17,80°Brix (2021), próximos de 16,1°Brix encontrado por Costa (2006) para a cv. Saco e dentro do intervalo 15,5°Brix (cv. Earlise) e 24,4°Brix (cv. Sweetheart) encontrados por Simões et al. (2014).

A acidez titulável dos frutos da amostra inicial de 2018 (0,84%) foi consideravelmente maior do que a das amostras iniciais dos 3 anos seguintes, que variaram entre 0,42% (em 2020) e 0,55% (em 2021). Por si só, este resultado poderia indicar que a amostra inicial de 2018 se encontrava num estado mais atrasado de maturação. No entanto, os valores encontrados para a firmeza e o TSS colocam dúvidas relativamente a essa hipótese. De facto, em 2018, a amostra inicial de cerejas teve (1) uma firmeza média (2,02 N) inferior à dos anos seguintes (3,17 N e 3,85 N, respetivamente para 2019 e 2020) e (2) TSS médio maior, mais concretamente, 17,78°Brix em 2018, 16,92°Brix em 2019 e 16,76°Brix em 2020. Esta diferença poderá ter sido provocada por uma proveniência diferente das cerejas recebidas em 2018 relativamente aos anos seguintes. A média de valores obtida em 2018 é um pouco mais alta do que o valor referido por Costa (2006) para a cv. Satin (0,77%) também proveniente da Beira Interior.

5.3.2.2. Diferença de peso

A baixa resistência da epiderme à difusão do vapor de água e o elevado quociente entre a área e o volume da cereja potenciam a perda de água e, por isso, a perda de peso (Dziedzic et al., 2017; Serrano et al., 2005).

A diferença de peso foi maior nas modalidades expostas a uma maior temperatura de conservação, isto é, na modalidade 2 em 2018 e na modalidade 1 em 2019, 2020 e 2021. No final do período de conservação da modalidade 2 em 2018 (35 dias), da modalidade 1 em 2019 e 2020 (28 dias) e da modalidade 1 em 2021 (35 dias) as diferenças de peso foram, respetivamente, -9,39%, -8,83%, -10,50% e -

7,44%. Verificou-se, em todos os anos, um aumento (em módulo) da diferença de peso ao longo do período de conservação (Figura 5.8). De forma semelhante, Dziedzic et al. (2017) também encontraram maiores perdas de peso em cerejas da cv. Regina conservadas a 8°C por comparação com as conservadas a 2°C.

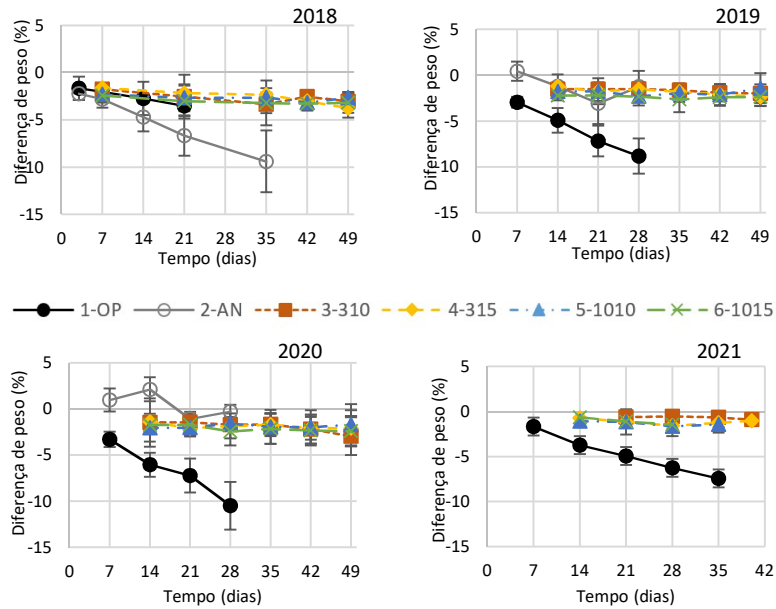


Figura 5.8 - Evolução da diferença de peso ao longo do período de amostragem do ensaio de conservação de cereja para cada modalidade em cada um dos 4 anos do ensaio (2018 a 2021). Foram avaliadas 60 cerejas por modalidade e dia de amostragem.

O aumento pontual de peso ocorrido em 2020 e em 2021 na modalidade 2 deveu-se à acumulação de gotículas de água à superfície dos frutos (Figura 5.9). As modalidades em atmosfera controlada não foram afetadas devido ao efeito protetor do plástico de cobertura.

Ao contrário da temperatura de conservação, não se observou um efeito marcado da composição da atmosfera na evolução da diferença de peso (Figura 5.8) uma vez que não foram encontradas diferenças sistemáticas entre a

perda de peso da modalidade 2 e as modalidades em atmosfera controlada, ambas conservadas no CATAA e sujeitas a temperaturas de conservação semelhantes.



Figura 5.9 – Condensação de gotículas de água nas cerejas da modalidade 2 em 2020.

A influência da atmosfera controlada na diferença de peso não é consensual na literatura. De facto, embora Akbudak et al. (2008, 2009) tenham encontrado maiores perdas de peso nas cerejas (cv. 0900 Ziraat) conservadas em atmosfera normal relativamente às conservadas em atmosfera controlada (5% O₂ – 5% a 25%CO₂), esses autores salientaram que o vapor de água acumulado no

interior das câmaras de atmosfera controlada poderá ter influenciado as menores perdas de peso dessas modalidades. Adicionalmente, Harb et al. (2003) não encontraram diferenças significativas na perda de peso de cerejas da cv. Regina, conservadas em atmosferas normal e controlada (2% a 18% O₂ – 6% a 24% CO₂).

5.3.2.3. Cor (CIE-Lab)

A variável de cor Δa^* foi aquela que mais variou e que teve a evolução mais consistente ao longo dos quatro anos de análises, com um decréscimo global ao longo do período de armazenamento. As modalidades sujeitas a maiores temperaturas de conservação (modalidade 2 em 2018 e modalidade 1 em 2019 e 2020) foram aquelas que registaram o maior decréscimo, indicando a importância da temperatura na evolução da cor das cerejas.

De acordo com o sistema CIE-Lab, valores negativos na coordenada a^* correspondem à cor verde e valores positivos à cor vermelha. Dessa forma, a diminuição dos valores de a^* indicariam uma mudança de cor no sentido do

vermelho para o verde. Essa conclusão é, obviamente, errada. De facto, a evolução das restantes coordenadas e, em particular, do L^* e do b^* , apesar de não ser tão consistente quanto a evolução do a^* , também é influenciada pela evolução da cor dos frutos. No entanto, a diminuição de a^* e os maiores valores encontrados para as modalidades conservadas a maior temperatura indicam que (1) a cor dos frutos alterou ao longo do tempo de conservação e (2) essa alteração foi mais intensa quando a temperatura de conservação foi maior.

Não foram encontradas diferenças sistemáticas entre as modalidades em atmosfera normal e as modalidades em atmosfera controlada no que se refere à variável de cor ΔL^* . Contudo a conservação em atmosfera controlada esteve relacionada, tendencialmente, com uma menor variação na cor dos frutos. Esse efeito foi referido, por exemplo, por Akbudak et al. (2008) para a cv. 0900 Ziraat (5% O₂ – 5% a 25% CO₂) e por Yang et al. (2019) para a cv. Lapins (5%O₂ – 10%CO₂).

5.3.2.4. Firmeza

Devido a problemas experimentais, a firmeza não foi avaliada em 2021. Nos três anos anteriores, a firmeza variou entre 1,22 N e 2,30 N em 2018, 1,92 N e 3,97 N em 2019 e 2,72 N e 5,02 N em 2020.

A temperatura de conservação teve um papel importante na evolução da firmeza, sendo que os valores associados aos frutos conservados a maior temperatura foram tendencialmente menores. Uma influência semelhante da temperatura na firmeza da cereja está também descrita na literatura. Por exemplo, Dziedzic et al. (2017) referem valores mais elevados de firmeza em cerejas 'Regina' conservadas a 2°C relativamente a cerejas da mesma cultivar conservadas a 8°C.

Em 2018, a firmeza dos frutos da modalidade 2 (atmosfera normal) foi sistematicamente menor do que a firmeza dos frutos das modalidades em atmosfera controlada, conservadas nas mesmas condições de temperatura. Assim, esse resultado parece indicar alguma influência das atmosferas controladas na manutenção de valores mais elevados de firmeza, o que é

semelhante ao que foi descrito por Dziejcz et al. (2017) que, num dos anos em estudo, encontraram valores médios de firmeza maiores em cerejas 'Regina' conservadas em atmosfera controlada (3% O₂ – 5% CO₂) relativamente a cerejas da mesma cultivar conservadas em atmosfera normal. Todavia, no ensaio que realizaram no ano anterior, os mesmos autores não encontraram diferenças significativas nos valores médios da firmeza entre os frutos conservados em atmosferas controladas e em atmosfera normal, tal como sucedeu nos ensaios que se realizaram em 2019 e 2020.

5.3.2.5. Teor de sólidos solúveis

O teor de sólidos solúveis (TSS) variou de 16,77°Brix a 18,59°Brix (em 2018), 15,62°Brix a 18,56°Brix (em 2019), 15,44°Brix a 17,81°Brix (em 2020) e 16,86°Brix e 19,16°Brix (em 2021). Em qualquer um dos casos os valores encontrados mantiveram-se próximo ou acima dos valores indicados por Mitcham et al. (1996), isto é, 14°Brix a 16°Brix.

O TSS não seguiu nenhum padrão de variação claro ao longo do tempo e não foi possível determinar diferenças consistentes entre modalidades nos três ensaios de conservação. Os resultados apresentados por outros autores também não seguem um padrão único. Dziejcz et al. (2017) descreveu um aumento no TSS de cereja da cv. Regina, mais acentuado a 8°C do que a 2°C, que pode ser explicado pela perda de água e consequente concentração dos açúcares ou pela conversão de polissacáridos da parede celular em açúcares. Por outro lado, Yang et al. (2019) referiram uma diminuição no TSS de cereja da cv. Lapins que foi menor nos frutos conservados em atmosfera controlada (5%O₂-10%CO₂).

5.3.2.6. Acidez titulável

Níveis adequados de acidez são importantes para manter a qualidade sensorial da cereja (Serradilla et al., 2013). Os valores de acidez titulável obtidos em 2018 (0,58% a 0,94%) foram, globalmente, superiores aos dos três anos seguintes (0,36% a 0,50% em 2019, 0,31% a 0,48% em 2020 e 0,40% a 0,54% em 2021), o que poderá ter sido provocado por proveniências distintas dos frutos.

A manutenção de níveis mais elevados de acidez é apresentada na literatura como um dos benefícios das atmosferas controladas (por exemplo, Akbudak et al., 2009). Contudo, no nosso estudo, não foram encontradas diferenças sustentadas entre modalidades relativamente a esta variável.

Em 2019 não foi observada uma variação apreciável da acidez ao longo do tempo de conservação. No entanto, em 2018, em 2020 e em 2021, verificou-se um diminuição dessa variável, de forma semelhante ao encontrado por outros estudos (por exemplo, Dziedzic et al., 2017; Serradilla et al., 2013; Yang et al., 2019). O uso de ácidos orgânicos no metabolismo celular pode ser uma razão para esse decréscimo (Dziedzic et al., 2017).

5.3.3. Aspeto dos pedúnculos

O aspeto dos pedúnculos é um atributo de qualidade com uma elevada importância para a generalidade dos consumidores (Dziedzic et al., 2017). Mais concretamente, um aspeto verde e fresco dos pedúnculos é tido como um indicador da qualidade das cerejas. No entanto, por terem uma epiderme mais fina, os pedúnculos são muito suscetíveis à desidratação (Chockchaisawasdee et al., 2016).

Esta variável foi avaliada nos dois últimos anos do ensaio de conservação, tendo-se obtido resultados diferentes em cada um deles (Figura 5.10).

Em 2020 foram observadas diferenças entre a modalidade 1 (conservada na OP) e as restantes (conservadas no CATAA). Em particular, apesar de se ter observado uma tendência decrescente na classificação do aspeto dos pedúnculos em todas as modalidades, a modalidade sujeita a uma temperatura média de conservação mais elevada (mod. 1) teve classificações médias mais baixas do que as restantes.

Em 2021 as modalidades conservadas em atmosfera normal (mod. 1 e 2) e a modalidade em atmosfera controlada com 3% de O₂ e 10% de CO₂ (mod. 4) tiveram um decréscimo mais acentuado na média das pontuações do que as restantes.

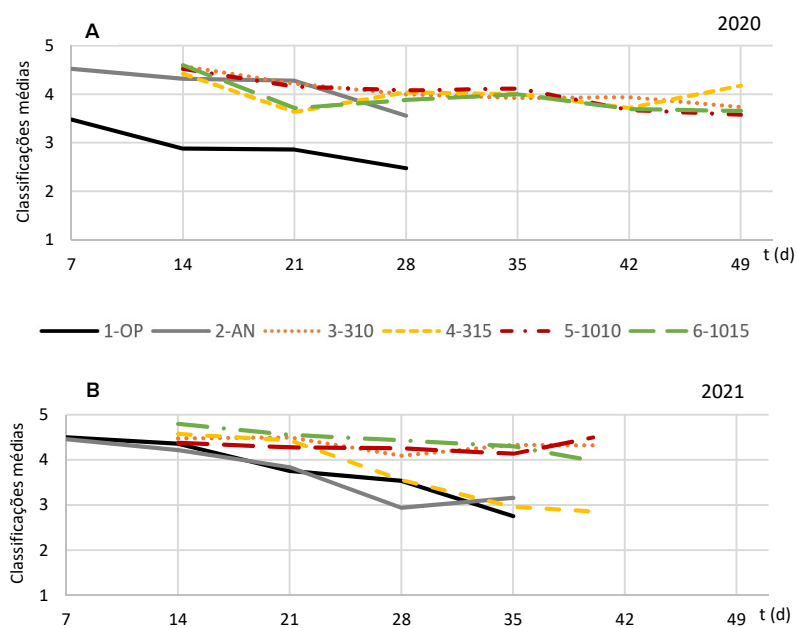


Figura 5.10 – Evolução da média da classificação dos pedúnculos para cada uma das modalidades em 2020 (A) e em 2021 (B). Foram analisados 50 cerejas/pedúnculos por modalidade e dia de amostragem. A classificação foi realizada de acordo com uma escala de 5 pontos em que 1 corresponde a pedúnculos completamente castanhos e desidratados e 5 a pedúnculos verdes e frescos.

5.3.4. Incidência de podridões

A cereja é um fruto muito suscetível a danos provocados por fungos que resultam no aparecimento de podridões. A ocorrência desse tipo de danos foi avaliada em 2019, 2020 e 2021.

Em 2019 e 2020 a incidência de podridões foi muito baixa atingindo os valores máximos de 3% e 4% para, respectivamente, cada um desses dois anos (Quadro 5.4).

Quadro 5.4 – Percentagem de podridões encontradas por modalidade e tempo de conservação em 2019 e 2020. Foram avaliadas 60 cerejas por modalidade e dia de amostragem em 2019 e 50 cerejas em 2020.

Modalidade	Tempo de conservação (dias)		2019	2020
1-OP	21		3%	4%
		28	2%	2%
2-AN	28		3%	-
3-310	28		-	2%
		49	2%	-
4-315	21		2%	-
		28	2%	-
5-1010	49		-	4%
6-1015	35		-	2%

A inexistência de valores implica a não deteção de podridões nesse dia de amostragem e nessa modalidade.

Em 2021, a percentagem de frutos com podridões foi globalmente maior, provavelmente devido ao seu estado de maturação mais avançado aquando da instalação do ensaio. Essa percentagem atingiu um máximo de 36% na modalidade 2 aos 35 dias de conservação (Figura 5.11).

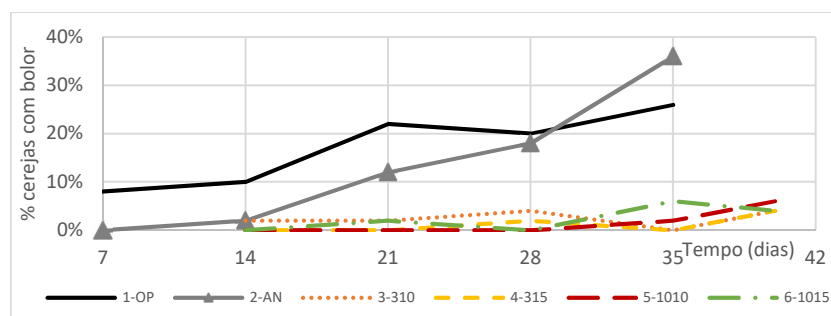


Figura 5.11 – Evolução da incidência de podridões ao longo do período de amostragem para cada modalidade em 2021. Foram avaliadas 50 cerejas por modalidade e dia de amostragem.

Nesse ano foi observada uma incidência de podridões claramente menor nas modalidades em atmosfera controlada (mod. 3 a 6) relativamente às modalidades em atmosfera normal (mod. 1 e 2) que poderá estar relacionada com o facto de o CO₂ inibir o crescimento de fungos e, conseqüentemente, diminuir a incidência de podridões (Vries-Paterson, 1991; Akbudak et al., 2008; Serradilla et al., 2013).

5.4 Considerações finais

O efeito da temperatura nos parâmetros de qualidade da cereja durante a sua conservação foi mais importante do que o efeito da composição da atmosfera. Assim, uma temperatura de conservação mais elevada esteve associada a maior perda de peso, maior variação nas variáveis de cor, menor firmeza e a pedúnculos mais secos e acastanhados. Embora com um efeito menos evidente, as atmosferas controladas estiveram associadas a uma menor perda de peso e a uma menor variação nas variáveis de cor. Em 2019 e 2020, não foi encontrada uma relação clara entre a composição da atmosfera e a incidência de podridões. No entanto, em 2021 as modalidades em atmosfera normal apresentaram uma incidência de podridões claramente maior do que as modalidades em atmosfera controlada.

Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto “PrunusPOS – Otimização de processos de armazenamento, conservação em frio, embalagem ativo e/ou inteligente, e rastreabilidade da qualidade alimentar no pós-colheita de produtos frutícolas, Operação n.º PDR2020-101-031694 (Líder), Parceria n.º 87, Iniciativa n.º 175 promovida pelo PDR2020 e cofinanciada pelo FEADER no âmbito do Portugal 2020.

Referências bibliográficas

Akbudak, B., Tezcan, H., Eris, A., 2008. Determination of controlled atmosphere storage conditions for “0900 Ziraat” sweet cherry fruit. *Acta Hortic.* 795, 855–860.

- Akbadak, B., Tezcan, H., Eris, A., 2009. Evaluation of messenger plant activator as a preharvest and postharvest treatment of sweet cherry fruit under a controlled atmosphere. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 60, 374–386. <https://doi.org/10.1080/09637480701712420>
- Blando, F., Oomah, B.D., 2019. Sweet and sour cherries: Origin, distribution, nutritional composition and health benefits. *Trends Food Sci. Technol.* 86, 517–529. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.052>
- Chockchaisawasdee, S., Golding, J.B., Vuong, Q. V., Papoutsis, K., Stathopoulos, C.E., 2016. Sweet cherry: Composition, postharvest preservation, processing and trends for its future use. *Trends Food Sci. Technol.* 55, 72–83. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.07.002>
- Costa, F.M.M. da, 2006. Avaliação das características agronómicas da cerejeira ‘De Saco’ na região da Cova da Beira. Master thesis, University of Lisbon.
- Dziedzic, E., Błaszczuk, J., Kaczmarczyk, E., 2017. Postharvest properties of sweet cherry fruit depending on rootstock and storage conditions. *Folia Hortic.* 29, 113–121. <https://doi.org/10.1515/fhort-2017-0011>
- Harb, J., Streif, J., Saquet, A., 2003. Impact of controlled atmosphere storage conditions on storability and consumer acceptability of sweet cherries “Regina.” *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 78, 574–579. <https://doi.org/10.1080/14620316.2003.11511666>
- Luchsinger, L., Mardones, C., Leshuk, J., 2005. Controlled atmosphere storage of “Bing” sweet cherries. *Acta Hortic.* 667, 535–537.
- Maroco, J., 2011. Análise estatística com utilização do SPSS [in Portuguese], 3rd ed. Edições Sílabo, Lisboa.
- Mattheis, J.P., Fellman, J.K., 2016. Cherry (sweet), in: Gross, K.C., Wang, C.Y., Saltveit, M.E. (Eds.), *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks*. United States Department of Agriculture, pp. 282–285.
- Mccune, L.M., Kubota, C., Stendell-Hollis & Cynthia, N.R., Thomson, A.A., 2011. Cherries and Health: A Review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 51, 1–12. <https://doi.org/10.1080/10408390903001719>
- Mitcham, E.J., Crisosto, C.H., Kader, A.A., 1996. Cherry Recommendations for Maintaining Postharvest Quality [WWW Document]. *Perishables Handl.* #86. URL http://postharvest.ucdavis.edu/Commodity_Resources/Fact_Sheets/ (accessed 2.3.20).
- Palma, V., Agulheiro-Santos, A.C., Machado, G., Rato, A.E., 2012. Effect of Different Storage Conditions on Nutritional and Quality Parameters of ‘Sweetheart’ Cherry. *Acta Hortic.* 934, 1027–1032.
- Paulo, L., Resende, M., Nunes, A., Pintado, C.M., Antunes, P., 2015. Quality parameters, total phenolic content and antioxidant activity in different maturation stages of ‘Sweetheart’ cherry, in: Serrano, M., Valero, D. (Eds.), *XIV Congreso Nacional de Ciencias*

- Hortícolas. Orihuela, pp. 453–457.
- Porritt, S.W., Lopatecki, L.E., Meheriuk, M., 1971. Surface pitting - a storage disorder of sweet cherries. *Can. J. Plant Sci.* 51, 409–414.
- Remón, S., Ferrer, A., López-Buesa, P., Oriá, R., 2004. Atmosphere composition effects on Burlat cherry colour during cold storage. *J. Sci. Food Agric.* 84, 140–146. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1618>
- Serradilla, M.J., Villalobos, M. del C., Hernández, A., Martín, A., Lozano, M., Córdoba, M. de G., 2013. Study of microbiological quality of controlled atmosphere packaged “Ambrunés” sweet cherries and subsequent shelf-life. *Int. J. Food Microbiol.* 166, 85–92. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.06.006>
- Serrano, M., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Guillén, F., Valero, D., 2005. The use of natural antifungal compounds improves the beneficial effect of MAP in sweet cherry storage. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 6, 115–123. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2004.09.001>
- Shellie, K.C., Neven, L.G., Drake, S.R., 2001. Assessing “Bing” sweet cherry tolerance to a heated controlled atmosphere for insect pest control. *Horttechnology* 11, 308–311. <https://doi.org/10.21273/horttech.11.2.308>
- Simões, M.P., Stuburic, I., Kamenjak, K., 2014. Qualidade das cerejas na região da Beira Interior, in: 3^o Simpósio Nacional de Fruticultura. Vila Real, pp. 213–218.
- Stow, J.R., Jameson, J., Senner, K., 2004. Storage of cherries: The effects of rate of cooling, store atmosphere and store temperature on storage and shelf-life. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 79, 941–946. <https://doi.org/10.1080/14620316.2004.11511870>
- Tian, S.P., Jiang, A.L., Xu, Y., Wang, Y.S., 2004. Responses of physiology and quality of sweet cherry fruit to different atmospheres in storage. *Food Chem.* 87, 43–49. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.10.014>
- Vries-Paterson, R.M. De, 1991. Fungistatic Effects of Carbon Dioxide in a Package Environment on the Decay of Michigan Sweet Cherries by *Monilinia fructicola*. *Plant Dis.* <https://doi.org/10.1094/pd-75-0943>
- Wang, L., Vestrheim, S., 2002. Controlled atmosphere storage of sweet cherries (*Prunus avium* L.). *Acta Agric. Scand. Sect. B Soil Plant Sci.* 52, 136–142. <https://doi.org/10.1080/090647103100004825>
- Wang, L., Zhang, H., Jin, P., Guo, X., Li, Y., Fan, C., Wang, J., Zheng, Y., 2016. Enhancement of storage quality and antioxidant capacity of harvested sweet cherry fruit by immersion with β -aminobutyric acid. *Postharvest Biol. Technol.* 118, 71–78. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.03.023>
- Wang, Y., Long, L.E., 2014. Respiration and quality responses of sweet cherry to different atmospheres during cold storage and shipping. *Postharvest Biol. Technol.* 92, 62–69. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.01.003>
- Wermund, U., Lazar, E.E., 2003. Control of grey mould caused by the postharvest pathogen

Botrytis cinerea on english sweet cherries “Lapin” and “Colney” by controlled atmosphere (CA) storage. *Acta Hortic.* 599, 745–748.

Yang, Q., Zhang, X., Wang, F., Zhao, Q., 2019. Effect of pressurized argon combined with controlled atmosphere on the postharvest quality and browning of sweet cherries. *Postharvest Biol. Technol.* 147, 59–67. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.09.007>