

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
MESTRADO EM PRODUÇÃO VEGETAL

ERLANI DE OLIVEIRA ALVES

**MANEJO DA TEMPERATURA E DO ETILENO NA CONSERVAÇÃO
DE AMEIXAS ‘LAETITIA’ EM ARMAZENAMENTO REFRIGERADO
E ATMOSFERA CONTROLADA**

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Cristiano André Steffens
Co-orientadores: Prof. Ph.D. Cassandro V. T.
do Amarante
Prof. Dr. Auri Brackmann

LAGES - SC

2009

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária
Renata Weingärtner Rosa – CRB 228/14ª Região
(Biblioteca Setorial do CAV/UDESC)

ALVES, ERLANI DE OLIVEIRA.

Manejo da temperatura e do etileno na conservação de
ameixas 'Laetitia' em armazenamento refrigerado e atmosfera
controlada. / Erlani de Oliveira Alves – Lages, 2009.
61p.

Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências
Agroveterinárias / UDESC.

1. Ameixa. 2. Refrigeração. 3. Pós-colheita. 4. Ameixa -
Amadurecimento. 5. Ameixa – Qualidade. I. Título.

ERLANI DE OLIVEIRA ALVES

Eng^a Agrônoma

**MANEJO DA TEMPERATURA E DO ETILENO NA CONSERVAÇÃO
DE AMEIXAS ‘LAETITIA’ EM ARMAZENAMENTO REFRIGERADO
E ATMOSFERA CONTROLADA**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal do Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias do Centro de Ciências Agroveterinárias da Universidade do Estado de Santa Catarina

Aprovado em:

Homologada em:

Pela Banca Examinadora:

Por:

Dr. Cristiano André Steffens,
Orientador - CAV/UDESC

Dr. Paulo Cezar Cassol
Coordenador do Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias

Dr. Auri Brackmann,
Professor – UFSM -

Dr. Jefferson Meirelles Coimbra
Coordenador Técnico da Produção Vegetal

Dr. Ricardo Trezzi Casa
Professor -CAV/UDESC

Ph.D. Adil Knackfuss Vaz
Diretor Geral do Centro de Ciências Agroveterinárias

Lages-SC, 16 de fevereiro de 2009

Aos meus filhos Marcus Túlio e Raphael Antunes que através do carinho, incentivo e alegria, trazem paz e motivação necessária para que eu prossiga em busca de novos ideais. A Gilberto Santana Carvalho, amigo fiel e companheiro de todas as horas que sempre esteve torcendo e rezando pelo meu sucesso.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço infinitamente a Deus que me levou no colo dando condições de chegar até aqui, estando sempre ao meu lado me instruindo nos momentos de decisões mais importantes.

Ao meu orientador e professor Dr. Cristiano André Steffens, pela oportunidade de realização do meu mestrado, compreensão, principalmente nos momentos difíceis que passei nessa minha jornada. Sua orientação segura, ensinamentos, paciência e ética, ajudaram-me a crescer durante o desenvolvimento desse trabalho;

À minha mãe, mulher forte e guerreira por toda dedicação e amor. Aos meus irmãos, sobrinhos(as), tios(as), primos(as), cunhados(as), grandes incentivadores desta e de todas as conquistas em minha vida, meu amor e minha eterna gratidão. À minha irmã Edna Maria Alves, suas filhas e minhas “filhas do coração” Camilla Alves Rebouças e Daniella Alves Rebouças, que tanto incentivaram para o término dessa etapa. E, em especial, à minha irmã Márcia Aurelina de Oliveira Alves e seu marido Douglas Fortes que abriram as portas da sua residência, quando mais precisei, dando todo apoio, carinho, compreensão e condições para escrever a minha dissertação;

A todos da família Fernandez, em especial, Vó Olira, meu anjo da guarda, sempre rezando e torcendo pelo meu sucesso;

Às amigas: Tiyoko Nair Hojo, que em todo momento estava presente, mesmo na distância, incentivando e compartilhando meu dia-a-dia e Adriana Santos Souza com a sua presença em Lages, trouxe luz, paz, energia e incentivos para ter certeza do caminho a percorrer e não deixar desistir;

Ao professor Cassandro Vital do Amarante, sempre solícito em contribuir na elaboração desse trabalho;

Aos Professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, auxiliando em minha formação profissional, ensinamentos e trocas de experiências. Aos professores, Leo Rufato, Aike Anneliese Kretzschmar e Jefferson Coimbra meu sinceros

Ao professor Dr. Auri Brackmann, pessoa iluminada e simples, pelos ensinamentos e por abrir as portas do NPP para a instalação do experimento e ceder seus bolsistas para a realização de parte desse trabalho;

Aos colegas do NPP e LTFPC, em nome de Elizandra Pivotto Pavanello e Rosangela Teixeira e estendo a todos que não mediram esforços na realização dos trabalhos, pela colaboração prestada na execução das análises;

Aos colegas e amigos que conquistei no mestrado, em nome de Deisy Morales e José Masaroni, o meu obrigada pelas horas de estudo, conversas e brincadeiras, foram momentos inesquecíveis. Estendo aqui para a “família” da Fruticultura;

Aos secretários do Programa de Pós-graduação Leandro Hoffmann e Fernando Batista Ramos, as bibliotecárias Renata Weingärtner Rosa e Claudia Aparecida Batista Ramos sempre gentis e bem dispostos em atender;

A Kamila Casagrande Manfioletti e Felipe Gonçalves, meus companheiros diários, amigos, que souberam suportar momento alegre e triste no convívio. Levarei eternamente vocês no meu coração;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico de Santa Catarina (FAPESC) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro;

Enfim, a todos que de alguma forma estiveram presentes e participaram desta etapa, compartilhando momentos alegres, outros nem tanto, mais que sempre foi um aprendizado, e incentivaram nesta caminhada.

Meus sinceros agradecimentos.

“Nunca jamais desanimes, embora venha
ventos contrarios”

Santa Paulina

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da temperatura, da indução de perda de massa fresca e da aplicação de 1-MCP em armazenamento refrigerado (AR), e da temperatura, pressões parciais de O₂ e CO₂, do etileno e da aplicação de 1-MCP em atmosfera controlada (AC) sobre o metabolismo e a manutenção da qualidade de ameixas 'Laetitia' durante o armazenamento. Foram realizados três experimentos distintos e independentes. O primeiro experimento avaliou os seguintes tratamentos: -0,5°C; 0,5°C; 0,5°C combinado com indução de perda de massa fresca (1,5%); e 0,5°C com aplicação do 1-MCP. O segundo experimento constituiu-se de um esquema bifatorial (2x3), sendo avaliadas duas temperaturas (-0,5°C e 0,5°C) e três atmosferas de armazenamento (21,0 kPa de O₂ + 0,03 kPa de CO₂, AR; 1,0 kPa de O₂ + 3,0 kPa de CO₂; 2,0 kPa de O₂ + 5,0 kPa de CO₂). No terceiro experimento os tratamentos utilizados foram aplicação de 1-MCP (1,0 µL L⁻¹); <0,04 µL L⁻¹; 1,0 µL L⁻¹; >10 µL L⁻¹ de etileno (C₂H₄) em AC. Em todos os experimentos o delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, sendo cada tratamento repetido cinco vezes e a unidade experimental composta por 30 frutos. As variáveis dependentes avaliadas foram: índice de cor vermelha (ICV), cor da epiderme, firmeza de polpa, atributos de textura, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), taxas respiratória e de produção de etileno, incidência de podridões e de frutos rachados, índice e incidência de degenerescência da polpa. As variáveis avaliadas foram submetidas à análise de variância e, as médias, comparadas pelo teste de Tukey (p<0,05). A melhor temperatura para o armazenamento refrigerado de ameixas 'Laetitia' é de -0,5°C e o uso do 1-MCP e da indução de perda de massa fresca contribuem para a manutenção da qualidade dos frutos durante o armazenamento, sendo que o efeito do 1-MCP persiste após o armazenamento. A atmosfera controlada proporciona um melhor controle do amadurecimento dos frutos. O uso da atmosfera controlada deve ser combinado com a temperatura de 0,5°C, sendo que a melhor condição é 2,0 kPa de O₂ + 5,0 kPa de CO₂. No entanto, o armazenamento da ameixa 'Laetitia' por 60 dias não é recomendado nas condições de atmosfera controlada avaliadas, pois não houve redução substancial na incidência de degenerescência da polpa. A aplicação de 1-MCP e a absorção de etileno retardam o amadurecimento da ameixa 'Laetitia' e diminuem a incidência de degenerescência da polpa, sendo que o efeito do 1-MCP se prolonga durante o período de prateleira. Contudo, mesmo com o uso destas tecnologias, a incidência de degenerescência de polpa não permite o armazenamento por 60 dias.

Palavras-chave: *Prunus salicina*. Refrigeração. 1-MCP. Pós-colheita. Amadurecimento. Qualidade.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of the temperature, induction of fresh mass loss and 1-MCP application in cold storage (CS), and temperature, partial pressure of O₂ and CO₂, ethylene and 1-MCP application in controlled atmosphere (CA) on the metabolism and maintenance of the quality of 'Laetitia' plums after storage. Three different and independent experiments were performed. The first experiment evaluated the following treatments: -0.5°C; 0.5°C; 0.5°C combined with induction of loss fresh mass (ILFM); and 0.5°C plus 1-MCP (1.0 µL L⁻¹). At second experiment the treatments were obtained from the combination of two temperatures (-0.5°C e 0.5°C) and three controlled atmosphere (21.0 kPa de O₂ + 0.03 kPa de CO₂, AR; 1.0 kPa de O₂ + 3.0 kPa de CO₂; 2.0 kPa de O₂ + 5.0 kPa de CO₂). The third experiment the treatments evaluated were: 1-MCP application (1.0 µL L⁻¹); <0.04 µL L⁻¹; 1.0 µL L⁻¹; >10 µL L⁻¹ de etileno (C₂H₄ at AC. All experiments followed a completely randomized design, with five replicates of 30 fruits. Fruit were assessed in terms of red color index, peel color, flesh firmness, texture attributes (skin rupture force, and pulp penetration and to pulp compression resistance), soluble solids (SS), titratable acidity (TA), respiration and ethylene evolution rates, rot and fruit cracking incidences, flesh browning incidence and index. The variables were submitted to the variance analysis and, the averages, compared by the test of Tukey (p <0,05). The best temperature for cold storage of 'Laetitia' plums is -0.5°C and 1-MCP application and of induction of loss of fresh mass contributes to maintenance of fruit quality during storage. Effect of the 1-MCP application remain during shelf life. The controlled atmosphere provides a better control of fruits ripening. The use of the controlled atmosphere should be combined with 0,5°C, and the best condition is 2,0 kPa of O₂ + 5,0 kPa of CO₂. However, 'Laetitia' plums storage for 60 days is not recommended in the atmosphere controlled conditions evaluated, because there was not substantial reduction in flesh browning incidence. 1-MCP application and ethylene absorption delay the ripening of 'Laetitia' plums and reduce flesh browning incidence. Effects of 1-MCP is prolonged during shelf life. However, even with the use of these technologies, flesh browning occurrence doesn't allow the storage for 60 days.

Keywords: *Prunus salicina*. Cold storage. 1-MCP. Postharvest. Ripening. Quality.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Taxas respiratórias e de produção de etileno em ameixa ‘Laetitia’ após 30 dias de armazenamento sob refrigeração, seguido de quatro dias em condição ambiente ($20\pm 2^{\circ}\text{C}/60\pm 5\%$). Lages, 2008.....	24
Tabela 2 -	Qualidade físico-química em ameixa ‘Laetitia’ após 30 dias de armazenamento sob refrigeração, seguido de quatro dias em condição ambiente ($20\pm 2^{\circ}\text{C}/60\pm 5\%$). Lages, 2008.....	25
Tabela 3 -	Atributos de textura em ameixa ‘Laetitia’ após 30 dias de armazenamento sob refrigeração, seguido de quatro dias em condição ambiente ($20\pm 2^{\circ}\text{C}/60\pm 5\%$ de UR). Lages, 2008.....	28
Tabela 4 -	Taxas respiratória e de produção de etileno e acidez titulável, em ameixas ‘Laetitia’ armazenadas por 60 dias sob diferentes condições de armazenamento e mais quatro dias em condição ambiente ($20\pm 2^{\circ}\text{C}/60\pm 5\%$ de UR). Lages, 2008.....	35
Tabela 5 -	Firmeza de polpa, força de ruptura da epiderme, força para a penetração da polpa, e força para compressão do fruto em N de ameixas ‘Laetitia’ armazenadas por 60 dias sob diferentes condições de armazenamento e mais quatro dias em condição ambiente ($20\pm 2^{\circ}\text{C}/60\pm 5\%$ de UR). Lages, 2008.....	37
Tabela 6 -	Índice de cor vermelha e ângulo hue (h°) em ameixas ‘Laetitia’ armazenadas por 60 dias sob diferentes condições de armazenamento e mais quatro dias em condição ambiente ($20\pm 2^{\circ}\text{C}/60\pm 5\%$ de UR). Lages, 2008.....	38
Tabela 7 -	Incidência de frutos rachados, podridão e degenerescência da polpa em ameixas ‘Laetitia’ armazenadas por 60 dias sob diferentes condições de armazenamento e mais quatro dias em condição ambiente ($20\pm 2^{\circ}\text{C}/60\pm 5\%$ de UR). Lages, 2008.....	39

Tabela 8 -	Taxas respiratória e de produção de etileno em ameixas ‘Laetitia’ armazenadas por 60 dias em AC com diferentes concentrações de C ₂ H ₄ e aplicação de 1-MCP e mais quatro dias em condição ambiente (20±2°C/60±5% de UR). Lages, 2008.....	49
Tabela 9 -	Qualidade físico-química de ameixas ‘Laetitia’ armazenadas por 60 dias em AC com diferentes concentrações de C ₂ H ₄ e aplicação de 1-MCP e mais quatro dias em condição ambiente (20±2°C/60±5% de UR). Lages, 2008.....	50
Tabela 10 -	Cor e degenerescência de ameixas ‘Laetitia’, armazenadas por 60 dias em AC com diferentes concentrações de C ₂ H ₄ e aplicação de 1-MCP MCP e mais quatro dias em condição ambiente (20±2°C/60±5% de UR).. Lages, 2008.....	51

LISTA DE FIGURA

- Figura 1 - Armazenamento refrigerado a $-0,5^{\circ}\text{C}$ (à esquerda), $0,5^{\circ}\text{C}$ com aplicação do 1-MCP (centro) e $0,5^{\circ}\text{C}$ (à direita)..... 26
- Figura 2 - Frutos rachados na saída da câmara após o armazenamento a temperatura $0,5^{\circ}\text{C}$ por 60 dias 39
- Figura 3 - Frutos acima de 50% degenerescência de polpa..... 52

LISTA DE ABREVIATURAS

°Brix	grau brix
°C	grau celsius
1-MCP	1-metilciclopropeno
AC	atmosfera controlada
ACC	1-carboxílico 1-aminociclopropano-
AT	acidez titulável
AR	armazenamento refrigerado
CV	coeficiente variação
CO ₂	dióxido de carbono
C ₂ H ₄	etileno
g	grama
h	hora
h°	ângulo hue
ICV	índice de cor vermelha
IPMF	indução de perda de massa fresca

kg	quilograma
kPa	quilo pascal
L	litro
LFTPC	laboratório de fisiologia e tecnologia de pós-colheita
M	molar
mEq	miliequivalente
mL	mililitro
mm	milímetro
m ³	metro cúbico
N	newton (unidade de firmeza de polpa)
N ₂	nitrogênio
nmol	nanomol
nL	nanolitro
NaOH	hidróxido de sódio
NPP	Núcleo de pesquisa e pós-colheita
O ₂	oxigênio
pH	potencial de hidrogênio
pmol	picomol

SS	sólidos solúveis
UR	umidade relativa do ar
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
μL	microlitro

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	17
1 ARMAZENAMENTO REFRIGERADO DE AMEIXAS ‘LAETITIA’ COM USO DE 1-MCP E INDUÇÃO DE PERDA DE MASSA FRESCA.....	19
1.1 RESUMO.....	19
1.2 ABSTRACT.....	20
1.3 INTRODUÇÃO.....	20
1.4 MATERIAL E MÉTODO.....	21
1.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
1.6 CONCLUSÃO.....	28
2 QUALIDADE DE AMEIXAS ‘LAETITIA’ ARMAZENADAS EM ATMOSFERA CONROLADA SOB DUAS TEMPERATURAS.....	29
2.1 RESUMO.....	29
2.2 ABSTRACT.....	29
2.3 INTRODUÇÃO.....	30
2.4 MATERIAL E MÉTODO.....	31
2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
2.6 CONCLUSÃO.....	41

3 QUALIDADE DE AMEIXA ‘LAETITIA’ EM FUNÇÃO DO ETILENO E APLICAÇÃO DO 1-MCP.....	42
3.1 RESUMO.....	42
3.2 ABSTRACT.....	43
3.3 INTRODUÇÃO.....	43
3.4 MATERIAL E MÉTODO.....	45
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
3.6 CONCLUSÃO.....	53
4 CONCLUSÕES GERAIS.....	54
5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55

INTRODUÇÃO

A Argentina e o Chile são os maiores produtores de ameixa da América do Sul. Os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro são os principais produtores do Brasil (CASTRO et al., 2008). Entretanto, consomem-se anualmente no País cerca de 50.000 toneladas, sendo 30% desse total importado, principalmente, do Chile e da Argentina (MADAIL, 2003).

A ameixeira são frutos de clima temperado, pertence à família Rosaceae, à subfamília Prunoidae e ao gênero *Prunus*, que compreende mais de 20 espécies (WEINBERGER, 1975). A ameixa 'Laetitia', originada da África do Sul, é praticamente a única cultivar plantada no Estado de Santa Catarina e bastante adaptada ao clima do Sul do Brasil com quase 200 ha nos seis municípios da Região Serrana (DUCROQUET et al., 2008). Ela apresenta em sua composição química teores consideráveis de cálcio, ferro, fósforo.

Nos últimos anos, o consumo de frutas de caroço, como a ameixa, tem crescido notavelmente, sendo que sua produção se encontra em expansão (ZANETTE & BIASI, 2004). Esta expansão tem ocorrido, principalmente, por plantios de cultivares tardias, como a Laetitia, no intuito de não competir no mercado com outras cultivares produzidas no Brasil, as quais são menos tardias (DUCROQUET, 2008). No entanto, como a maturação de ameixas é extremamente rápida, seu período de colheita normalmente não ultrapassa 20 dias, ocorrendo grande oferta de frutos e a obtenção de baixos valores pelo produto durante a safra. Contudo, pode ser obtido o prolongamento do período de oferta e redução das perdas da pós colheita através do armazenamento, possibilitando ao produtor ofertar a fruta durante a entressafra e obter melhor remuneração pela produção (BRACKMANN et al., 2001). Alguns produtores têm armazenado parte de sua produção, conseguindo ofertar ameixas 'Laetitia' fora do período de colheita.

As perdas pós-colheita em frutos, segundo Vilas Boas (2002), podem atingir 60%, entretanto não há quantificação precisa dessas perdas pós-colheitas no que tange os danos qualitativos e quantitativos. Para Durigan (1999) as perdas de frutos podem ocorrer na colheita (4-12%), no "packing house" (5-15%), no transporte (5-8%), na comercialização (3-10%) e no consumo (1-5%).

O armazenamento de ameixas é fundamentalmente realizado sob refrigeração, que permite a conservação dos frutos por no máximo de 30 dias (BRACKMANN et al., 2001). No entanto, muitos frutos apresentam a sua qualidade comprometida após o armazenamento, ocorrendo perdas, decorrente do desconhecimento da melhor condição de armazenamento para esta cultivar. Além disso, frutos de baixa qualidade após o armazenamento poderão apresentar problemas de comercialização devido à entrada de ameixas oriundas do Chile com qualidade. Sendo assim, é de extrema importância que os frutos após o seu armazenamento mantenham uma ótima qualidade para atrair o interesse do consumidor.

O armazenamento em atmosfera controlada é um sistema de armazenamento que causa uma maior redução no metabolismo celular do que o uso isolado da refrigeração (ZAGORY & KADER, 1988; WANG, 1993; GÜRAKAN & BAYINDIRH, 2005; STEFFENS et al., 2007), tem possibilitado que alguns frutos sejam armazenados por mais tempo e com melhor manutenção da qualidade (HESS-PIERCE & KADER, 1997; ALI et al., 2004). Sendo assim, o armazenamento em atmosfera controlada pode aumentar o período de oferta da ameixa 'Laetitia', bem como possibilitar a comercialização de frutos com melhor qualidade, durante a entressafra. Também, a eliminação do etileno durante o armazenamento (BRACKMANN et al., 2000) e a indução de perda de massa fresca (BRACKMANN et al., 2007b), podem contribuir para manutenção da qualidade dos frutos. Apesar de existir informações de diferentes concentrações do efeito do 1-MCP em armazenamento refrigerado, não existem trabalhos realizados com a cultivar 'Laetitia' que demonstrem o seu potencial nas diferentes condições de armazenamento. Além disso, também não existem informações indicando a melhor combinação de gases para o armazenamento em atmosfera controlada, bem como o efeito do etileno e da indução de perda de massa fresca sobre a qualidade de frutos armazenados. Cabe ressaltar que o armazenamento de ameixas 'Laetitia' compreenderá a um período de ociosidade de câmaras de atmosfera controlada, as quais são utilizadas sempre a partir do mês de abril para o armazenamento de maçãs 'Fuji'. Isto demonstra a viabilidade do armazenamento comercial desta cultivar em atmosfera controlada, inclusive proporcionando melhor aproveitamento da estrutura de armazenamento disponível.

Dessa forma o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da temperatura, da indução de perda de massa fresca (IPMF) e da aplicação de 1-metilciclopropeno (1-MCP) em armazenamento refrigerado (AR), e da temperatura, pressões parciais de O₂ e CO₂, do etileno e da aplicação de 1-MCP em atmosfera controlada (AC) sobre o metabolismo e a manutenção da qualidade de ameixas 'Laetitia' durante o armazenamento.

1 ARMAZENAMENTO REFRIGERADO DE AMEIXAS ‘LAETITIA’ COM USO DE 1-MCP E INDUÇÃO DE PERDA DE MASSA FRESCA

1.1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da temperatura de armazenamento, do uso de 1-metilciclopropeno (1-MCP) e da indução de perda de massa fresca (IPMF) na qualidade de ameixas “Laetitia”. Os tratamentos utilizados foram: -0,5°C; 0,5°C; 0,5°C, combinado com indução de perda de massa fresca (IPMF); e 0,5°C com aplicação de 1-MCP (1,0 $\mu\text{L L}^{-1}$). Frutos armazenados a 0,5°C e tratados com 1-MCP apresentaram os menores valores de taxas respiratória e de produção de etileno, após quatro dias de exposição em condição ambiente (23°C/60% de UR), sendo que na saída da câmara fria não houve diferença entre tratamentos. Os frutos armazenados por 30 dias a 0,5°C, combinado com IPMF ou 1-MCP, apresentaram, na saída da câmara, maior firmeza de polpa. Porém, após quatro dias, apenas os frutos armazenados a 0,5°C e tratados com 1-MCP apresentaram maior firmeza de polpa. O índice de cor vermelha, na saída da câmara, foi menor nos frutos armazenados a -0,5°C e a 0,5°C após tratamento com 1-MCP, não sendo observada diferença entre os tratamentos após quatro dias de exposição dos frutos em condição ambiente. O armazenamento a -0,5°C proporcionou melhor preservação dos atributos de textura dos frutos do que a 0,5°C, sendo que, nesta temperatura, o efeito maior foi obtido através do tratamento com 1-MCP. O armazenamento a 0,5°C em relação a -0,5 °C causou incremento na incidência de degenerescência da polpa após quatro dias de exposição dos frutos em condição ambiente. A melhor temperatura para o armazenamento refrigerado de ameixas “Laetitia” é de -0,5°C. O uso do 1-MCP e a IPMF contribuem para a manutenção da qualidade dos frutos durante o armazenamento, sendo que o efeito do 1-MCP persiste após o armazenamento.

Palavras-chave: *Prunus salicina* Pós-colheita. Etileno. Respiração. Degenerescência da polpa. Qualidade.

1.2 ABSTRACT

This work was carried out to study the effects of storage temperature, treatment with 1-methylcyclopropene (1-MCP), and of induction of fresh mass loss (IFML) on the postharvest quality of 'Laetitia' plums. Fruit were stored at: -0.5°C; 0.5°C; 0.5°C, combined with IFML; and 0.5°C, after treatment with 1-MCP (1.0 $\mu\text{L L}^{-1}$). Fruits stored at 0.5°C after treatment with 1-MCP exhibit the lowest respiration and ethylene production rates after four days of shelf life (23°C/60% RH), despite of non significant difference between treatments at removal from cold storage. Fruits stored for 30 days at 0.5°C, combined with IFML or 1-MCP, exhibit the highest flesh firmness at removal from cold storage. However, after four days of shelf life, only fruits treated with 1-MCP before storage at 0.5°C had the highest flesh firmness. Fruits stored at -0.5°C and fruit treated with 1-MCP before storage at 0.5°C exhibit the lowest red color development at removal from cold storage, but not after four days of shelf life. Fruits stored at -0.5°C had a better preservation of texture attributes than those stored at 0.5°C, especially when treated with 1-MCP. Fruits stored at 0.5°C exhibit increased incidence of flesh browning after four days of shelf life in comparison to fruit stored at -0.5°C. The best temperature for refrigerated storage of 'Laetitia' plums is -0.5°C. The treatments with 1-MCP and IFML contribute to preserve fruit quality during cold storage, but only the effect of 1-MCP persist after removal from cold storage.

Key-words: *Prunus salicina*. Postharvest. Ethylene. Respiration. Flesh browning, Quality.

1.3 INTRODUÇÃO

A ameixa 'Laetitia', por possuir um rápido amadurecimento, apresenta curta vida pós-colheita e rápida perda de qualidade, limitando a receita do produtor devido ao baixo valor obtido no período de safra. Contudo, a redução de perdas e o prolongamento do período de oferta podem ser obtidos através da otimização das condições de armazenamento refrigerado, possibilitando ao produtor comercializar o produto durante a entressafra e obter uma melhor remuneração pela sua produção.

A utilização do armazenamento refrigerado consiste em uma excelente alternativa para retardar o amadurecimento e prolongar a vida pós-colheita de ameixas (BRACKMANN, 2001). A redução da temperatura constitui o principal fator que influencia a manutenção da qualidade dos frutos durante o armazenamento (STEFFENS et al., 2007). Segundo Brackmann et al. (2001), o armazenamento refrigerado é um dos principais métodos

utilizados para conservação de ameixas. Porém, no Brasil, não há conhecimento da temperatura ideal para o armazenamento da ameixa 'Laetitia'.

Outras técnicas podem ser utilizadas para complementar o efeito da refrigeração na manutenção da qualidade dos frutos, como a utilização do 1-MCP (WATKINS, 2006) e a indução de perda de massa fresca (BRACKMANN et al., 2007b).

Vários trabalhos têm demonstrado o efeito do 1-MCP sobre o retardo no amadurecimento de frutos (DONG et al., 2002; ARGENTA et al., 2003; BLANKENSHIP & DOLE, 2003; VALERO et al., 2003; BRACKMANN et al., 2004; MENNITI et al., 2004; LIPPERT et al. 2004; VALERO et al. 2004; KHAN & SING, 2005; CANDAN et al., 2006; WATKINS, 2006; MANGANARIS et al., 2008a). A utilização da IPMF apresentou efeito positivo no controle do amadurecimento de maçãs 'Gala', além de reduzir a incidência de podridões e de distúrbios fisiológicos (BRACKMANN et al., 2007b). Sendo assim, o armazenamento refrigerado de ameixas 'Laetitia', em uma temperatura adequada, associado ao uso do 1-MCP ou da IPMF, pode aumentar o período de conservação dos frutos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da temperatura de armazenamento e do uso de 1-MCP e da IPMF sobre conservação da qualidade de ameixas 'Laetitia'.

1.4 MATERIAL E MÉTODOS

As ameixas 'Laetitia' foram colhidas em pomar comercial, localizado no município de Lages, SC, e imediatamente transportadas para o Laboratório do Núcleo de Pesquisa e Pós-Colheita – NPP, da Universidade Federal de Santa Maria, localizado no município de Santa Maria, RS. No laboratório, os frutos foram selecionados, eliminando-se aqueles com lesões, defeitos, ferimentos ou dano mecânico e, posteriormente, procedeu-se a homogeneização das unidades experimentais.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com cinco repetições por tratamento, sendo a unidade experimental composta por 30 frutos. Os tratamentos utilizados foram armazenados a: $-0,5^{\circ}\text{C}$; $0,5^{\circ}\text{C}$; $0,5^{\circ}\text{C}$, combinado com indução de perda de massa fresca (IPMF); e $0,5^{\circ}\text{C}$, após tratamento com 1-MCP ($1,0 \mu\text{L L}^{-1}$).

Os frutos de todos os tratamentos foram armazenados em minicâmaras experimentais, com capacidade de 180 L. A indução de perda de massa fresca foi provocada de forma constante, através da absorção da umidade do ar da minicâmara. Esse procedimento foi efetuado com uma bomba de membrana que permitia circular o ar do interior da minicâmara para dentro de um recipiente contendo sílica gel, conforme metodologia descrita por

Brackmann et al. (2007). Diariamente a bomba foi ligada para absorver uma quantidade de 5,7 g de água da minicâmara atingindo, ao final do armazenamento, 171 g de água absorvida, representando 1,5% de perda de massa fresca das amostras.

Para o tratamento com 1-MCP foi utilizado o produto SmartFresh[®] (0,14% de 1-MCP na formulação pó), na relação de 0,16g de produto/m³ de câmara, para obter 1,0 µL L⁻¹ de 1-MCP. O produto foi solubilizado em água na condição ambiente, em um recipiente hermético e, posteriormente, a solução foi transferida para uma placa de Petri dentro de uma minicâmara com volume de 180 L, com fechamento hermético. Os frutos ficaram expostos ao tratamento durante 24 horas, antes do armazenamento a 0,5°C.

Após 30 dias de armazenamento, os frutos foram transportados ao Laboratório de Pesquisa em Fisiologia e Tecnologia de Pós-Colheita, da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), em Lages, SC, onde foram feitas as análises de qualidade, na saída da câmara e após quatro dias de exposição dos frutos a condição ambiente (20±2°C/60±5% de UR). As variáveis analisadas foram taxas respiratória e de produção de etileno, firmeza de polpa, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), índice de cor vermelha (ICV), incidência e índice de degenerescência da polpa, incidência de podridões e atributos de textura.

As taxas respiratória e de produção de etileno foram quantificadas, colocando-se 15 frutos de cada amostra em um recipiente com o volume de 2.300 mL, com fechamento hermético. A taxa respiratória foi obtida pela diferença da concentração de CO₂ no interior do recipiente, imediatamente após o seu fechamento e depois de uma hora. Alíquotas de gás (1 mL) foram retiradas dos recipientes através de um septo e injetadas em um cromatógrafo à gás Varian[®], modelo CP-3800, equipado com uma coluna Porapak N[®] de 3m de comprimento (80-100 mesh), metanador e detector de ionização de chama. As temperaturas da coluna, do detector, do metanador e do injetor foram de 45°C, 120°C, 300°C e 110°C, respectivamente. Os fluxos de nitrogênio, hidrogênio e ar sintético foram de 70, 30 e 300 mL min⁻¹, respectivamente. Os valores da atividade respiratória e da taxa de produção de etileno foram calculados através da fórmula obtida por Banks et al. (1995), e expressos em nmol de CO₂ kg⁻¹ s⁻¹ e pmol de C₂H₄ kg⁻¹ s⁻¹, respectivamente.

O índice de cor vermelha foi determinado avaliando-se a superfície dos frutos recoberta com coloração vermelha, sendo atribuídas notas de 1 a 4 (0-25%, 26-50%, 51-75% e 76-100% com superfície do fruto pigmentada de vermelho para os índices 1, 2, 3 e 4, respectivamente). O índice foi calculado pelo somatório dos produtos do número de frutos pela respectiva nota dividida pelo total de fruto da amostra.

A firmeza de polpa (N) foi determinada em dois pontos na região equatorial dos frutos, em lados opostos, após remoção de uma pequena porção da epiderme, com o auxílio de um penetrômetro equipado com ponteira de 8 mm de diâmetro.

Os atributos de textura foram analisados com um texturômetro eletrônico TAXT-plus[®] (Stable Micro Systems Ltd., Reino Unido), em termos de força necessária para o rompimento da epiderme e de força para a penetração na polpa e para a compressão do fruto inteiro. Para a quantificação da força necessária para o rompimento da epiderme e para a penetração na polpa, foi utilizada ponteira modelo PS2, com 2 mm de diâmetro, sem remoção da epiderme, a qual foi introduzida na polpa a uma profundidade de 5 mm com velocidades pré-teste, teste e pós-teste de 30, 5 e 30 mm s⁻¹, respectivamente. A resistência do fruto à compressão foi determinada usando-se uma plataforma plana, modelo P/75, com 75 mm de diâmetro, que exerceu uma força de compressão até uma deformação de 5 mm na superfície do fruto.

Os valores de acidez titulável (AT meq 100 mL⁻¹) foram obtidos em amostra de 10 mL de suco, de fatias transversais, retiradas da região equatorial dos frutos e extraída em uma centrífuga. Esta amostra foi diluída em 90 mL de água destilada e titulada com solução de NaOH 0,1 N até pH 8,1. Os teores de SS (°Brix) foram determinados por refratometria, utilizando-se o suco extraído conforme descrito para a AT, sendo realizada a correção do efeito da temperatura (20°C).

A incidência de podridões foi avaliada pela contagem dos frutos afetados, interna e externamente, com lesões maiores do que 5 mm de diâmetro e causadas por patógenos.

A incidência de degenerescência da polpa (%) foi avaliada através de corte transversal na região equatorial do fruto, sendo contabilizados os frutos que apresentaram escurecimento da polpa. O índice de degenerescência da polpa foi avaliado através de notas (1-3) que foram atribuídas aos frutos, sendo 1 sem degenerescência, 2 com até 50% da polpa afetada e 3 acima de 50% da polpa afetada.

Antes da aplicação dos tratamentos, duas amostras de 15 frutos foram analisadas para determinar as características da qualidade inicial das ameixas, as quais apresentaram firmeza de polpa de 42,0 N, teor de SS de 9,3°Brix e AT de 31,2 meq 100 mL⁻¹.

Os dados foram submetidos à análise da variância (ANOVA), sendo os dados em porcentagem transformados pela fórmula $\text{arc.sen}\sqrt{x/100}$ antes de serem submetidos à ANOVA. As médias de tratamentos foram comparadas através do teste de Tukey (p<0,05).

1.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As taxas respiratória e de produção de etileno não diferiram entre tratamentos na saída da câmara, porém, após quatro dias de exposição à condição ambiente, os frutos armazenados na temperatura de 0,5°C e tratados com 1-MCP apresentaram as menores taxas respiratória e de produção de etileno (Tabela 1).

Tabela 1 Taxas respiratórias e de produção de etileno em ameixa ‘Laetitia’ após 30 dias de armazenamento sob refrigeração, seguido de quatro dias em condição ambiente (20±2°C/60±5%). Lages, 2008.

Tratamento	Taxa respiratória (nmol CO ₂ kg ⁻¹ s ⁻¹)		Taxa de produção de etileno (pmol kg ⁻¹ s ⁻¹)	
	Saída da câmara	Após quatro dias em condição ambiente	Saída da câmara	Após quatro dias em condição ambiente
-0,5°C	232,40a	236,10a	11,10a	336,50a
+ 0,5°C	330,40a	269,20a	59,70a	178,90a
0,5°C + IPMF*	99,50a	262,60a	67,80a	266,90a
0,5°C + 1-MCP	234,80a	153,90b	2,40a	11,19b
C.V. (%)	16,70	4,27	57,60	14,70

Médias nas colunas seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey (p<0,05).

* Indução de perda de massa fresca.

Estudos realizados com ameixas têm demonstrado que o 1-MCP reduz consideravelmente a atividade respiratória e a produção de etileno (DONG et al., 2002; ARGENTA et al., 2003), confirmando os resultados obtidos no presente trabalho. A menor taxa de produção de etileno em frutos tratados com 1-MCP deve-se ao seu efeito em reduzir a atividade das enzimas ACC sintase e ACC oxidase, que são consideradas os pontos de controle da biossíntese de etileno (WATKINS, 2006). Com relação ao efeito da IPMF, Brackmann et al. (2007b), em maçãs ‘Gala’, obtiveram menores valores de taxas respiratória e de produção de etileno, porém este resultado não foi obtido na ameixa ‘Laetitia’ no presente trabalho.

Os frutos armazenados a 0,5°C, combinado com IPMF ou 1-MCP, na saída da câmara, apresentaram maior firmeza de polpa (Tabela 2). A maior firmeza de polpa observada na saída da câmara no tratamento com indução de perda de massa fresca também foi observado em maçãs ‘Gala’ (BRACKMANN et al., 2007b), confirmando os resultados obtidos. Porém, após os quatro dias em condição ambiente, apenas os frutos armazenados a 0,5°C e tratados com 1-MCP apresentaram maior firmeza de polpa (Tabela 2). A resposta da firmeza de polpa

ao 1-MCP está diretamente relacionada ao seu efeito sobre a redução na ação de etileno, pois o etileno é necessário para a promoção na atividade de enzimas responsáveis pelo amolecimento dos frutos (JOHNSTON et al., 2001; MAJUMDER & MAZUMDAR, 2002). Ameixas tratadas com 1-MCP apresentaram menor taxa de produção de etileno (Tabela 1), resultando assim em maior firmeza de polpa. O efeito do 1-MCP sobre o retardo na perda da firmeza de polpa em ameixas também foi reportado por outros autores (ARGENTA et al., 2003; DONG et al., 2002; KHAN & SING, 2005; CANDAN et al., 2006; MANGANARIS et al., 2008a).

Tabela 2 - Qualidade físico-química em ameixa 'Laetitia' após 30 dias de armazenamento sob refrigeração, seguido de quatro dias em condição ambiente ($20\pm 2^{\circ}\text{C}/60\pm 5\%$). Lages, 2008.

Tratamentos	Firmeza de polpa (N)	Sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$)	Acidez titulável ($\text{meq } 100\text{mL}^{-1}$)	Índice de cor vermelha (1-4)**	Degenerescência da polpa	
					Incidência (%)	Índice (1-3***)
Saída da câmara fria						
-0,5°C	40,70b	9,10a	23,10a	3,10bc	1,65a	1,05a
0,5°C	27,00c	9,33a	22,30a	3,67a	1,65a	1,05a
0,5°C + IPMF*	47,80a	9,10a	20,60a	3,37ab	0,82a	1,01a
0,5°C + 1-MCP	42,70ab	9,00a	25,30a	2,76c	1,65a	1,03a
C.V. (%)	7,18	3,14	6,30	5,96	76,00	5,11
Após quatro dias em condição ambiente						
-0,5°C	9,69c	8,25a	17,20b	4,00a	1,65b	1,03b
0,5°C	9,39c	8,40a	18,90b	3,95a	4,15a	1,15a
0,5°C + IPMF*	15,32b	8,35a	19,00b	3,93a	0,82b	1,00b
0,5°C + 1-MCP	23,17a	8,40a	22,70a	3,98a	1,65b	1,02b
C.V. (%)	9,60	6,90	5,20	1,30	45,00	4,68

Médias nas colunas seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

*Indução por perda de massa fresca

** 1- 0-25%; 2-26-50%; 3-51-75%; 4-acima de 75 da superfície da epiderme recoberta com cor vermelha

*** 1- sem degenerescência, 2- com até 50% e 3 acima de 50% de degenerescência da polpa.

Os teores de SS não foram influenciados pelos tratamentos, tanto na saída câmara como após quatro dias de exposição dos frutos em condição ambiente (Tabela 2). Brackmann et al. (2001) também não encontraram diferenças nos teores de SS em ameixas 'Pluma 7' e 'Reubennel' armazenadas em diferentes temperaturas. Em maçãs 'Gala' os teores de SS apresentaram-se maiores nos frutos armazenados com IPMF (BRACKMANN et al., 2007b), entretanto, este mesmo efeito não foi observado neste presente trabalho. Com relação ao 1-

MCP, outros trabalhos relatam que o 1-MCP não influencia os teores de SS em ameixas 'Laetitia' (ARGENTA et al., 2003), 'Fortune', 'Angeleno', 'President' (MENNITI et al., 2004) e 'Blackamber' (CANDAN et al., 2006).

A AT não apresentou diferença estatística entre tratamentos na saída da câmara (Tabela 2). Porém, na avaliação realizada após quatro dias em condição ambiente, os valores de AT foram maiores nos frutos armazenados a 0,5°C, após tratamento com 1-MCP (Tabela 2). Argenta et al. (2003) também observaram maior AT em ameixas 'Laetitia' tratadas com 1-MCP. Este efeito do 1-MCP sobre a manutenção da AT dos frutos pode estar relacionado ao menor consumo dos ácidos no ciclo dos ácidos tricarbóxicos, pela redução na atividade respiratória (Tabela 1).

O ICV, na saída da câmara, foi menor nos frutos armazenados a -0,5°C e a 0,5°C após tratamento com 1-MCP, em relação aos frutos armazenados a 0,5°C e sem prévia aplicação de 1-MCP (Figura 1 e Tabela 2).



Figura 1 - Armazenamento refrigerado a -0,5°C (à esquerda), 0,5°C com aplicação do 1-MCP (centro) e 0,5°C (à direita).

Este resultado demonstra o efeito destes tratamentos no retardamento do amadurecimento da ameixa 'Laetitia' durante o armazenamento dos frutos. O efeito da baixa temperatura e do 1-MCP sobre o ICV deve-se provavelmente a menor degradação da clorofila e síntese de carotenóides e antocianinas. A mudança na cor durante o amadurecimento de ameixas é um processo dependente de etileno (ARGENTA et al., 2003), o que explica o menor valor de índice de coloração vermelha em frutos tratados com 1-MCP. Porém, após quatro dias de exposição dos frutos em condição ambiente, observou-se uma rápida evolução da coloração vermelha em todos os tratamentos, não sendo possível observar diferenças entre tratamentos (Tabela 2).

Não houve diferença entre tratamentos quanto à incidência e o índice de degenerescência da polpa, na análise realizada na saída da câmara (Tabela 2). Contudo, após

quatro dias de exposição dos frutos em condição ambiente, os maiores valores de incidência e índice de degenerescência da polpa foram observados nos frutos armazenados a 0,5°C (Tabela 2). Isto demonstra que a temperatura de -0,5°C foi mais adequada para o armazenamento refrigerado de ameixas 'Laetitia' durante 30 dias, e que na temperatura de 0,5°C o 1-MCP e a indução de perda de massa fresca contribuem para a redução deste distúrbio fisiológico. Brackmann et al. (2007b) observaram menor incidência de degenerescência da polpa em maçãs 'Gala' com a IPMF, concordando com os resultados obtidos no presente trabalho. O efeito do 1-MCP na redução da incidência de degenerescência da polpa em ameixas 'Laetitia' também foi observado por Argenta et al. (2003).

Comparando as temperaturas de armazenamento, observou-se na saída da câmara que a temperatura de -0,5°C proporcionou maiores valores nos atributos de textura do que a temperatura de 0,5°C. Porém, após quatro dias em condição ambiente, apenas a força para a compressão do fruto foi maior em ameixas armazenadas a -0,5°C (Tabela 3). A redução na consistência da polpa de frutos está relacionada à ação de enzimas que degradam as paredes celulares, as quais apresentam menor atividade em temperaturas mais baixas (DONG et al., 2001). A aplicação de 1-MCP proporcionou frutos com maiores valores para os atributos de textura (Tabela 3). O 1-MCP inibe a indução do amadurecimento do fruto, mantendo uma maior consistência da polpa (ARGENTA et al., 2003; VALERO et al., 2003; CANDAN et al., 2006; MANGANARIS et al., 2008b).

Os frutos armazenados a 0,5°C, a IPMF aumentou os valores de força para ruptura da epiderme e penetração da polpa, em relação aos frutos sem IPMF, na avaliação realizada na saída da câmara (Tabela 3). De forma similar, em maçãs 'Gala' a IPMF retardou a perda de firmeza de polpa (BRACKMANN et al., 2007b).

Não houve diferença estatística entre tratamentos no atributo podridão, em ambas as datas de avaliação (dados não apresentados).

Tabela 3 - Atributos de textura em ameixa 'Laetitia' após 30 dias de armazenamento sob refrigeração, seguido de quatro dias em condição ambiente ($20\pm 2^{\circ}\text{C}/60\pm 5\%$ de UR). Lages, 2008.

Tratamentos	Força para ruptura da epiderme (N)	Força para penetração da polpa (N)	Resistência do fruto compressão (N)
Saída da câmara fria			
-0,5°C	8,64b	1,91b	83,50a
0,5°C	6,61c	1,22c	48,60b
0,5°C + IPMF*	6,51c	1,36c	52,40b
0,5°C + 1-MCP	10,34a	2,44a	80,90a
C.V. (%)	8,24	14,41	12,57
Após quatro dias em condição ambiente			
-0,5°C	4,96b	0,62b	35,8b
0,5°C	5,20b	0,80b	29,0c
0,5°C + IPMF	4,72b	0,63b	34,40b
0,5°C + 1-MCP	8,23a	1,20a	52,40a
C.V. (%)	6,79	16,37	4,10

Médias nas colunas seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$),

* Indução de perda de massa fresca.

1.6 CONCLUSÃO

A melhor temperatura para o armazenamento refrigerado de ameixas 'Laetitia' por 30 dias é de $-0,5^{\circ}\text{C}$. Em ameixas 'Laetitia' armazenadas a $0,5^{\circ}\text{C}$, o uso do 1-MCP e da indução de perda de massa fresca contribuem para retardar o amadurecimento e reduzem a degenerescência, sendo que o efeito do 1-MCP sobre a manutenção da firmeza se mantém após exposição dos frutos em condição ambiente durante quatro dias.

2 QUALIDADE DE AMEIXAS 'LAETITIA' ARMAZENADAS EM ATMOSFERA CONTROLADA SOB DUAS TEMPERATURAS

2.1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito das condições de armazenamento sobre a manutenção da qualidade de ameixas 'Laetitia'. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema bifatorial (2x3), sendo avaliadas duas temperaturas (-0,5°C e 0,5°C) e três atmosferas de armazenamento (21,0 kPa de O₂ + 0,03 kPa de CO₂, AR; 1,0 kPa de O₂ + 3,0 kPa de CO₂; 2,0 kPa de O₂ + 5,0 kPa de CO₂) com umidade relativa de 95±2%. Após 60 dias de armazenamento foram avaliadas as variáveis taxas respiratória e de produção de etileno, acidez titulável, firmeza de polpa, atributos de textura, índice de cor vermelha, ângulo hue (h°), incidência de rachaduras, podridão e degenerescência da polpa. No armazenamento refrigerado, a temperatura de -0,5°C apresentou menores valores de índice de cor vermelha, taxas respiratória e de produção de etileno e controlou a incidência de frutos rachados. No entanto, em atmosfera controlada a temperatura de 0,5°C apresentou menor índice de cor vermelha, cor da epiderme mais verde, maior firmeza de polpa e menor taxa de produção de etileno, tanto na abertura da câmara como após quatro dias a condição ambiente. O uso da atmosfera controlada deve ser combinado com a temperatura de 0,5°C, sendo a melhor condição 2,0 kPa de O₂ + 5,0 kPa de CO₂. No entanto, o armazenamento da ameixa 'Laetitia' não é recomendado nas condições de atmosfera controlada avaliadas, por um período de 60 dias, pois não houve redução substancial na incidência de degenerescência da polpa.

Palavras-chave: *Prunus salicina*. Pós-colheita. Armazenamento. Degenerescência de polpa.

2.2 ABSTRACT

The aim of this work was to determine the effects of temperature and controlled atmosphere (CA) in keeping the quality of "Laetitia" plums. The experiment delimitation was totally in random, and arranged on a bi-factorial scheme (2x3), being evaluated at two

temperatures (-0.5°C and 0.5°C) and three storage conditions (21 kPa of O₂ + 0.03kPa of CO₂ (AR); 1.0 kPa de O₂ + 3.0 kPa of CO₂; 2.0 kPa of O₂ + 5.0 kPa of CO₂) with relative humidity around 95±2%. After 60 days of storage the following variables were evaluated: breathing and ethylene production rates, titulable acidity, flesh firmness, texture attributes, red color indication, hue angle (h°), internal breakdown, incidence of rooting, and flesh browning. In a refrigerated storage, the temperature of -0.5°C gave better results, providing lower red color indication, breathing rates and ethylene production and controlled internal breakdown of the fruits. However, a controlled atmosphere with temperature of 0.5 °C presented better results, occurring a lower red color indication, greener skin color, higher flesh firmness and lower ethylene production rates, either at the chamber's opening nor after four days at room temperature. The use of controlled atmosphere must be combined with a temperature of 0.5 °C; the best condition is 2.0 kPa of O₂ + 5.0 kPa of CO₂. Even so, the storage of 'Laetitia' plums for 60 days on the controlled atmosphere conditions analyzed is not recommended, because there was not a substantial reduction of flesh browning.

Keywords: *Prunus salicina*. Postharvest. Storage. Flesh browning.

2.3 INTRODUÇÃO

O período de colheita de ameixas normalmente não ultrapassa 20 dias e o amadurecimento é extremamente rápida e uma grande oferta de frutos em um curto espaço de tempo. Contudo, pode-se prolongar o período de oferta através do armazenamento. O armazenamento refrigerado (AR) é o principal método utilizado para conservação de frutos, pois diminui o metabolismo e evita a sua rápida deterioração (BRACKMANN et al., 2003b).

Apesar de não existir uma recomendação sobre a melhor condição para o armazenamento da ameixa 'Laetitia', sabe-se que o armazenamento refrigerado prolongado resulta em frutos com baixa firmeza de polpa e com presença de degenerescência da polpa, o que pode reduzir a aceitabilidade pelo consumidor (MANGANARIS et al., 2008b). Assim, a associação da baixa temperatura com a atmosfera controlada (AC) pode constituir-se em uma alternativa para uma melhor manutenção da qualidade dos frutos, principalmente em armazenamento prolongado.

Alguns frutos de caroço possuem uma melhor manutenção da qualidade durante o armazenamento em atmosfera controlada, pois esse sistema de armazenamento proporciona maior retenção da firmeza de polpa, ácidos e açúcares, além de reduzir a incidência de

distúrbios fisiológicos em algumas cultivares de ameixas, nectarinas, cerejas e pêssegos (STREIF, 1995; CERETTA et al., 2000; ZHOU et al., 2000; BRACKMANN et al., 2001; NAVA & BRACKMANN, 2002; ROMBALDI et al., 2002; BRACKMANN et al., 2003b; DRAKE & ELFVING, 2003; TIAN et al., 2004; GIRARDI et al., 2005; STEFFENS et al., 2006, BRACKMANN et al., 2007a; MURRAY et al., 2007; SESTARI et al., 2008). Nestes frutos a AC é comercialmente muito utilizada para o transporte de frutas do Chile e da África do Sul para os Estados Unidos e a Europa (BRACKMANN et al., 2003b).

Na Holanda, Van de Geijn (1993) recomenda para ameixas européias a temperatura 0°C e condição de atmosfera controlada de 3kPa de O₂ e 7kPa de CO₂. BRACKMANN et al. (2001) verificaram maior firmeza de polpa em ameixas 'Reubennel' armazenadas em AC. Segundo STREIF (1995), as melhores condições de AC para ameixas são as pressões parciais de O₂ e de 8 a 12kPa de CO₂. O mesmo autor afirma que a utilização de pressões parciais de CO₂ acima de 10kPa inibe o crescimento de patógenos causadores de podridões. No entanto, apesar dos benefícios da AC e do seu uso comercial em frutos de caroço, os seus efeitos em ameixas ainda são pouco pesquisados, sendo que para cultivar 'Laetitia' não existem informações sobre esse sistema de armazenamento.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito das condições de armazenamento sobre a manutenção da qualidade de ameixas 'Laetitia', visando ofertar o fruto no período da entressafra.

2.4 MATERIAL E MÉTODOS

As ameixas 'Laetitia' foram colhidas em pomar comercial localizado no município de Lages, SC, e após foram transportadas para o Laboratório do Núcleo de Pesquisa e Pós-Colheita – NPP, da Universidade Federal de Santa Maria, localizado no município de Santa Maria, RS. No laboratório, os frutos foram selecionados, eliminando-se aqueles com lesões, defeitos, ferimentos ou dano mecânico e, posteriormente, procedeu-se a homogeneização das unidades experimentais.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, usando esquema bifatorial (2x3), sendo avaliadas duas temperaturas de armazenamento (-0,5°C e 0,5°C) e três atmosferas de armazenamento (21,0 kPa de O₂ + 0,03 kPa de CO₂, AR; 1,0 kPa de O₂ + 3,0 kPa de CO₂; 2,0 kPa de O₂ + 5,0 kPa de CO₂). Todos os tratamentos foram mantidos com umidade relativa de 95±2%. Cada tratamento foi constituído por cinco repetições e a unidade experimental composta por 30 frutos.

Os frutos de todos os tratamentos foram armazenados em minicâmaras experimentais com capacidade de 180L. As pressões parciais dos gases nos tratamentos com baixo O₂ e alto CO₂ foram obtidas mediante a diluição do O₂ no ambiente de armazenamento com injeção de N₂, proveniente de um gerador de nitrogênio, que utiliza o princípio “Pressure Swing Adsorption” – (PSA), e posterior injeção de CO₂, provenientes de cilindros de alta pressão, até atingir o nível preestabelecido no tratamento. A manutenção das pressões parciais desejadas dos gases, nas diferentes condições de armazenamento, que variavam em função da respiração dos frutos, foi realizada diariamente. Esse monitoramento foi feito por meio de analisadores eletrônicos de CO₂ e O₂, marca Agri-datalog, e com posterior correção, até atingir os níveis preestabelecidos. O O₂ consumido pela respiração foi repostado por meio da injeção de ar atmosférico nas minicâmaras e o CO₂ em excesso foi absorvido por uma solução de hidróxido de potássio (40%), através da qual foi circulado o ar do ambiente de armazenamento.

Antes do armazenamento, efetuou-se uma análise inicial de duas amostras de 15 frutos para determinar as características da qualidade inicial das ameixas, as quais apresentavam 42 N de firmeza de polpa, sólidos solúveis (SS) de 9,3 °Brix e 31,17 meq 100mL⁻¹ de acidez titulável (AT).

Após 60 dias de armazenamento, os frutos foram transportados para o Laboratório de Pesquisa em Fisiologia e Tecnologia de Pós-Colheita, da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), e as amostras divididas em duas sub-amostras de 15 frutos, uma para análise na saída da câmara e outra para análise após quatro dias de exposição dos frutos à condição ambiente (20±2°C/60±5% de UR). As variáveis analisadas foram taxas respiratória e de produção de etileno, acidez titulável (AT), firmeza de polpa, atributos de textura, índice de cor vermelha (ICV), cor da epiderme, rachaduras, podridões e incidência de degenerescência da polpa.

As taxas respiratória e de produção de etileno foram quantificadas, colocando-se 15 frutos de cada amostra em um recipiente de plástico com o volume de 2300 mL, que permite fechamento hermético. A taxa respiratória foi obtida pela diferença da concentração de CO₂ no interior do recipiente, imediatamente após o seu fechamento e depois de uma hora. Alíquotas de gás (1 mL) foram retiradas dos recipientes através de um septo e injetadas em um cromatógrafo à gás Varian®, modelo CP-3800, equipado com uma coluna Porapak N® de 3m de comprimento (80-100 mesh), metanador e detector de ionização de chama. As temperaturas da coluna, do detector, do metanador e do injetor foram de 45°C, 120°C, 300°C e 110°C, respectivamente. Os fluxos de nitrogênio, hidrogênio e ar sintético foram de 70, 30 e

300 mL min⁻¹, respectivamente. Os valores da atividade respiratória e da taxa de produção de etileno foram calculados através da fórmula obtida por Banks et al. (1995) e expressos em nmol de CO₂ kg⁻¹ s⁻¹ e pmol de C₂H₄ kg⁻¹ s⁻¹, respectivamente.

Os valores de AT meq 100 mL⁻¹ foram obtidos através de uma amostra de 10 mL de suco dos frutos, previamente extraído de fatias transversais retiradas da região equatorial dos frutos e trituradas em uma centrífuga. Esta amostra foi diluída em 90 mL de água destilada e titulada com solução de NaOH 0,1 N até pH 8,1.

A firmeza de polpa (N) foi determinada na região equatorial dos frutos, em dois lados opostos, após remoção de uma pequena porção da epiderme e com auxílio de um penetrômetro equipado com ponteira de 8 mm de diâmetro.

Os atributos de textura foram analisados com um texturômetro eletrônico TAXT-plus[®] (Stable Micro Systems Ltd., Reino Unido), em termos de força necessária para o rompimento da epiderme e de força para a penetração na polpa e para a compressão do fruto inteiro. Para a quantificação da força necessária para o rompimento da epiderme e para a penetração na polpa, foi utilizada ponteira modelo PS2, com 2 mm de diâmetro, a qual foi introduzida na polpa a uma profundidade de 5 mm com velocidades pré-teste, teste e pós-teste de 30, 5 e 30 mm s⁻¹, respectivamente. A resistência do fruto à compressão foi determinada usando-se uma plataforma plana, modelo P/75, com 75 mm de diâmetro, que exerceu uma força de compressão até uma deformação de 5 mm na superfície do fruto.

O ICV foi determinado avaliando-se a superfície dos frutos recoberta com coloração vermelha, sendo atribuídas notas de 1 a 4 (0-25%, 26-50%, 51-75% e 76-100% com superfície do fruto pigmentada de vermelho para os índices 1, 2, 3 e 4, respectivamente). O índice foi calculado pelo somatório dos produtos do número de frutos pela sua respectiva nota, dividido pelo total de frutos da amostra.

A determinação da cor da epiderme (ângulo hue) foi efetuada com um colorímetro Minolta, modelo CR 400, sendo as leituras realizadas em dois lados do fruto, na região equatorial, resultados expressos em ângulo de cor (h°). O h° define a coloração básica, sendo que 0° = vermelho, 90° = amarelo e 180° = verde.

A incidência de rachaduras foi realizada pela contagem de frutos que apresentavam rachados na epiderme e os resultados expressos em percentagem (%).

A incidência de podridões foi avaliada pela contagem dos frutos afetados, que apresentaram lesões maiores do que 5 mm de diâmetro com características de ataque de patógenos.

A incidência de degenerescência da polpa foi avaliada através de corte transversal na região equatorial do fruto, sendo contabilizados os frutos que apresentaram escurecimento da polpa, sendo os resultados expressos em percentagem (%).

Os dados foram submetidos à análise da variância (ANOVA). Dados em percentagem foram transformados pela fórmula $\text{arc.sen}\sqrt{x/100}$ antes de serem submetidos à ANOVA. Para a comparação das médias, adotou-se o teste de Tukey ($P < 0,05$).

2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com análise de variância, as variáveis AT, força para ruptura da casca e taxas respiratória e produção de etileno apresentaram interação significativa entre os fatores avaliados, tanto na saída da câmara como após quatro dias de simulação de prateleira. O ICV, ângulo h° (cor vermelho), força para penetração da polpa e da compressão do fruto apresentaram interação entre temperatura e atmosferas de armazenamento, apenas na saída da câmara. Não houve interação entre temperatura e atmosferas de armazenamento sobre a firmeza de polpa, ângulo h° no lado verde e incidência de degenerescência de polpa e podridões, após 60 dias de armazenamento mais quatro dias de condição ambiente.

Após 60 dias de armazenamento, observou-se que existem diferenças entre temperaturas na taxa respiratória, sendo que a temperatura de $-0,5^\circ\text{C}$ apresentou menor taxa respiratória do que a temperatura de $0,5^\circ\text{C}$, na saída da câmara (Tabela 4). Após quatro dias, apenas sob armazenamento refrigerado a temperatura de $-0,5^\circ\text{C}$ apresentou menor taxa respiratória do que a temperatura de $0,5^\circ\text{C}$ (Tabela 4). Este efeito da baixa temperatura sobre a redução na taxa respiratória também foi observado em outros trabalhos (DRAKE & ELFVING, 2003), pois quanto menor a temperatura de armazenamento menor o metabolismo celular nos frutos (WILLS et al., 1998).

Com relação ao efeito da AC, o armazenamento dos frutos na condição de 2,0 kPa de O_2 + 5,0 kPa de CO_2 proporcionou menor taxa respiratória, na saída da câmara (Tabela 4). Após quatro dias em condição ambiente, a atmosfera controlada proporcionou menor taxa respiratória apenas na temperatura de $0,5^\circ\text{C}$, não havendo diferenças entre as condições de AC. A redução na taxa respiratória nos tratamentos em AC, provavelmente deve-se a menor ação do etileno sobre algumas enzimas envolvidas no processo respiratório (JOHNSTON et al., 2001). Os frutos armazenados em AR, independentemente da temperatura, apresentaram maior taxa respiratória (Tabela 4), sendo que estes frutos também apresentaram menor

firmeza e alta incidência de degenerescência de polpa, o que podem ser indícios de que os frutos apresentavam amadurecimento mais avançado.

Tabela 4 - Taxas respiratória e de produção de etileno e acidez titulável, em ameixas 'Laetitia' armazenadas por 60 dias sob diferentes condições de armazenamento e mais quatro dias em condição ambiente ($20\pm 2^\circ\text{C}/60\pm 5\%$ de UR). Lages, 2008.

Atmosfera $\text{O}_2 + \text{CO}_2$ (kPa)	Saída da câmara		Quatro dias em condição ambiente	
	Temperatura		Temperatura	
Taxa respiratória ($\text{nmol CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$)				
	-0,5°C	0,5°C	-0,5°C	0,5°C
21+ 0,03**	219,40Ba	775,70Aa	289,00Ba	498,50Aa
1+3	153,90Bb	757,50Aa	326,00Aa	298,90Ab
2+5	98,10Bc	529,60Ab	291,70Aa	362,20Ab
CV(%)	10,65		16,66	
Taxa de produção de etileno ($\text{pmol kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$)				
	-0,5°C	0,5°C	-0,5°C	0,5°C
21+ 0,03**	0,46Ba	5,54Aa	7,89Bb	15,60Aa
1+3	0,72Ba	4,94Ab	4,60Ab	5,14Ab
2+5	0,53Ba	3,47Ab	17,70Aa	3,44Bb
C.V.(%)	31,29		18,08	
Acidez titulável ($\text{mEq } 100\text{mL}^{-1}$)				
	-0,5°C	0,5°C	-0,5°C	0,5°C
21+ 0,03**	12,80Aa	12,80Ab	11,10Ac	10,40Ac
1+3	13,20Ba	19,40Aa	13,30Bb	15,60Ab
2+5	14,00Ba	20,20Aa	15,00Ba	19,50Aa
C.V.(%)	7,02		8,47	

*Médias seguidas por mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

**Armazenamento refrigerado

Na saída da câmara, a taxa de produção de etileno foi menor na temperatura de $-0,5^\circ\text{C}$, porém, nesta temperatura, não houve diferença entre as condições de armazenamento avaliadas. Contudo, na temperatura de $0,5^\circ\text{C}$ os frutos armazenados em AC apresentaram menor produção de etileno (Tabela 4). Após quatro dias em condição ambiente, foi verificada uma maior taxa de produção de etileno na temperatura de $-0,5^\circ\text{C}$ combinada com a condição de 2,0 kPa de $\text{O}_2 + 5,0$ kPa de CO_2 . Na temperatura de $0,5^\circ\text{C}$ os frutos armazenados em AC, independente da condição, proporcionaram menor taxa de produção de etileno (Tabela 4).

A maior AT foi observada na saída da câmara nos frutos armazenados em AC e temperatura de $0,5^\circ\text{C}$, independentemente das pressões parciais de O_2 e CO_2 . Após quatro dias a condição ambiente, a AT apresentou os maiores valores na atmosfera de 2,0 kPa $\text{O}_2 + 5,0$ kPa CO_2 , independentemente da temperatura de armazenamento (Tabela 4). Estes

resultados estão de acordo com os dados de Brackmann et al (2007a) e Sestari et al. (2008), porém contrariam os obtidos por Drake & Elfving (2003), que encontraram menor teor de AT em AC. Os maiores valores de AT em AC deve-se, em parte, a baixa taxa respiratória nestas condições de armazenamento (Tabela 4), principalmente nos frutos armazenados em 2,0 kPa O₂ + 5,0 kPa CO₂. É provável que essas concentrações de O₂ e CO₂ tenham reduzido o consumo dos ácidos orgânicos como fonte de energia para o processo respiratório, conforme citado por Nava & Brackmann (2002), Tian et al. (2004), Brackmann et al. (2005a) e Sestari et al. (2008).

A temperatura de 0,5°C proporcionou frutos com maior firmeza de polpa independente da atmosfera de armazenamento, na saída da câmara, porém, não houve diferença entre as temperaturas de armazenamento, na avaliação realizada após quatro dias de condição ambiente. Contudo, os frutos armazenados em atmosfera controlada apresentaram maior firmeza de polpa do que os frutos armazenados em AR (Tabela 5). Resultados semelhantes foram obtidos por outros trabalhos em diversas frutas de caroço como ameixa (BRACKMANN et al., 2001; BRACKMANN et al., 2005a), nectarina (DRAKE & ELFVING, 2003) e pêssego (NAVA & BRACKMANN, 2002; TIAN et al., 2004; SESTARI et al., 2008).

A maior força de ruptura da epiderme em AR foi observada na temperatura de -0,5°C e, em AC a 0,5°C. Considerando as atmosferas de armazenamento, observa-se que a AC manteve maiores valores de força para ruptura da epiderme (Tabela 5). A maior força para penetração da polpa e para compressão do fruto, na saída da câmara, foi observada nas condições de AC combinadas com 0,5°C, contudo, após quatro dias de exposição dos frutos em condição ambiente os maiores valores foram observados nos frutos em AC, independente da temperatura de armazenamento (Tabela 5). A força para penetração da polpa, após quatro dias de exposição dos frutos em condição ambiente, também apresentou diferenças entre as condições de AC, sendo observado maiores valores na condição 2,0 kPa de O₂ + 5,0 kPa de CO₂ (Tabela 5). O efeito da AC sobre a manutenção da firmeza de polpa e dos atributos de textura pode estar relacionado a sua atuação na redução da biossíntese e ação de etileno, reduzindo a atividade das enzimas hidrolíticas responsáveis pela degradação dos componentes da parede celular. Majumder & Mazumdar (2002) constataram que o aumento na atividade da enzima poligalacturonase foi altamente correlacionado à evolução de etileno.

Tabela 5 - Firmeza de polpa, força de ruptura da epiderme, força para a penetração da polpa, e resistência do fruto a compressão em N de ameixas 'Laetitia' armazenadas por 60 dias sob diferentes condições de armazenamento e mais quatro dias em condição ambiente ($20\pm 2^{\circ}\text{C}/60\pm 5\%$ de UR). Lages, 2008.

	Saída da câmara			Quatro dias em condição ambiente		
	Firmeza de polpa (N)					
	Temperatura			Temperatura		
Atmosfera						
O ₂ + CO ₂ (kPa)	-0,5°C	0,5°C	Média	-0,5°C	0,5°C	Média
21+ 0,03**	22,50	16,90	19,70b	19,30	12,20	15,70b
1+3	30,50	35,60	33,10a	36,00	33,80	34,90a
2+5	32,30	40,50	36,40a	25,80	35,80	30,80a
Média	28,4B	31,0A	-	27,0A	27,3A	-
CV(%)		9,38			9,47	
	Força de ruptura da epiderme (N)					
21+ 0,03**	6,35Ab	4,42Bb	-	5,43Ab	3,79Bb	-
1+3	9,60Aa	9,30Aa	-	9,80Aa	10,10Aa	-
2+5	10,10Aa	9,31Aa	-	9,47Aa	9,91Aa	-
Média	-	-	-	-	-	-
CV(%)		6,66			4,25	
	Força para penetração da polpa (N)					
21+ 0,03**	1,50Aa	1,11Ab	-	1,18	0,87	1,03c
1+3	1,70Ba	2,56Aa	-	1,97	2,04	2,00b
2+5	1,65Ba	2,49Aa	-	2,41	2,17	2,29a
Média	-	-	-	1,85A	1,69B	-
CV(%)		14,17			10,21	
	Resistência do fruto a compressão (N)					
21+ 0,03**	57,90Aa	42,80Ab	-	43,40	32,00	37,70b
1+3	67,60Aa	78,30Aa	-	74,10	74,40	74,20a
2+5	65,20Ba	101,0Aa	-	73,80	80,40	77,10a
Média	-	-	-	63,8A	62,3 ^a	-
CV(%)		16,43			10,7	

*Médias seguidas por mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

**Armazenamento refrigerado

Os frutos armazenados em atmosfera controlada apresentaram menores valores de ICV, na saída da câmara a $0,5^{\circ}\text{C}$ e maiores valores de ângulo hue, tanto no lado mais vermelho como no lado menos vermelho (Tabela 6). Esses resultados demonstram que os frutos armazenados em atmosfera controlada apresentaram menor porcentagem de cor vermelha na epiderme, bem como uma coloração vermelha menos intensa. Estes resultados contrariam os obtidos por Murray et al. (2007) e Sestari et al. (2008), que não obtiveram diferenças estatísticas entre AC e AR em pêsegos. Assim como na firmeza de polpa e nos atributos de textura, a manutenção da coloração da epiderme nos frutos deve estar relacionada à menor biossíntese e ação do etileno no armazenamento em atmosfera controlada, pois a

mudança na cor durante o amadurecimento de ameixas é um processo dependente da ação deste fitormônio (ARGENTA et al., 2003).

Tabela 6 - Índice de cor vermelha e ângulo hue (h°) em ameixas 'Laetitia' armazenadas por 60 dias sob diferentes condições de armazenamento e mais quatro dias em condição ambiente (20±2°C/60±5% de UR). Lages, 2008.

	Saída da câmara			Quatro dias em condição ambiente		
	Índice de cor vermelha*** (1 - 4)					
	Temperatura			Temperatura		
Atmosfera						
O ₂ + CO ₂ (kPa)	-0,5°C	0,5°C	Média	-0,5°C	0,5°C	Média
21+ 0,03**	2,91Ba	3,15Aa	-	3,94	3,91	3,93a
1+3	2,78Aa	2,84Ab	-	3,18	4,01	3,66a
2+5	3,02Aa	2,17Ab	-	3,58	3,49	3,53a
Média	-	-	-	3,57A	3,84 ^a	-
CV(%)		16,43			16,26	
	ângulo h° (vermelho)					
21+ 0,03**	36,0Aa	29,0Ab	-	25,3	23,1	24,2b
1+3	41,6Aa	35,6Aa	-	36,4	30,2	33,3a
2+5	38,4Aa	38,2Aa	-	34,1	31,9	32,9a
Média	-	-	-	31,9A	28,4B	-
CV(%)		5,94			8,06	
	ângulo h° (verde)					
21+ 0,03**	67,2	76,1	71,6b	35,3	41,6	38,5b
1+3	76,9	91,2	84,1a	61,4	76,8	69,1a
2+5	73,7	87,7	80,7a	62,3	68,7	65,5a
Média	72,6B	85,0A	-	53,0B	62,4A	-
CV(%)		6,34			9,83	

*Médias seguidas por mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

**Armazenamento refrigerado

***1 - 0-25%; 2 -26-50%;3- 51-75%;4-acima de 75% da superfície recoberta com cor vermelha.

A incidência de frutos rachados foi observada apenas na saída da câmara em condições de AR com temperatura de 0,5°C. (Figura 2 e Tabela 7). Segundo Brackmann et al. (2005a), fatores na pré-colheita, como variações extremas de umidade e excesso de adubação nitrogenada podem aumentar a incidência de frutos rachados após longo período de armazenamento. Esses mesmos autores encontraram elevada incidência de rachadura em maçãs 'Gala' na temperatura 0,5°C. Provavelmente, ocorreu a desidratação da membrana celular para o bloqueio da migração de compostos hidrossolúveis para o interior da célula, processo não totalmente elucidado.



Figura 2 - Frutos rachados na saída da câmara após o armazenamento a temperatura 0,5°C por 60 dias.

Tabela 7 - Incidência de frutos rachados, podridão e degenerescência da polpa em ameixas 'Laetitia' armazenadas por 60 dias sob diferentes condições de armazenamento e mais quatro dias em condição ambiente (20±2°C/60±5% de UR). Lages, 2008.

	Saída da câmara			Quatro dias em condição ambiente		
	Frutos rachados (%)					
	Temperatura			Temperatura		
Atmosfera						
O ₂ + CO ₂ (kPa)	-0,5°C	0,5°C	Média	-0,5°C	0,5°C	Média
21+ 0,03**	0,00Ba	20,0Aa	-	0,00	0,00	-
1+3	0,00Aa	0,00Ab	-	0,00	0,00	-
2+5	0,00Aa	0,00Ab	-	0,00	0,00	-
C.V(%)	33,3			0,00		
	Podridão (%)					
21+ 0,03**	6,91	12,10	9,50a	12,4	19,10	15,8a
1+3	4,80	12,80	8,80a	7,29	4,16	5,70a
2+5	5,56	7,26	6,41b	16,60	3,33	9,97a
Média	5,76B	10,7A	-	12,1A	8,86 ^a	-
C.V(%)	5,98			50,0		
	Degenerescência da polpa (%)					
21+ 0,03**	80,80	69,70	75,30a	95,90	84,70	90,3a
1+3	100	53,90	77,00a	81,70	48,80	65,1b
2+5	98,20	56,60	77,40a	74,40	52,60	63,5b
Média	93,0A	60,1B	-	84,0A	62,0B	-
C.V(%)	17,8			19,68		

*Médias seguidas por mesma letra maiúscula na horizontal e minúscula na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

**Armazenamento refrigerado.

Nas temperaturas de $-0,5^{\circ}\text{C}$ e $0,5^{\circ}\text{C}$ observou-se diferença significativa em relação à incidência de podridão, sendo que os menores percentuais foram verificados à temperatura de $-0,5^{\circ}\text{C}$ na saída da câmara, não constatando, após quatro dias em condição ambiente, diferenças significativas. Os frutos, submetidos à concentração de 2kPa de O_2 + 5kPa de CO_2 , na saída da câmara apresentaram menor incidência de podridão e sendo esta diferença significativa em relação aos demais tratamentos. A AC associada com baixa temperatura possivelmente exerceu efeito na redução da incidência de podridões, que se dá por meio de baixa taxa respiratória e retardamento da degradação de pectinas da parede celular, tornando o fruto mais resistente a colonização de fungos. Já após quatro dias em condição ambiente não foi observado diferença entre concentrações de gases (Tabela 7). Sestari et al. (2008), utilizando concentrações de 1kPa de O_2 , obteve controle de podridões alcançando incidência inferior a 10% em pêssigo ‘Maciel’.

A temperatura de $0,5^{\circ}\text{C}$ apresentou menor incidência de degenerescência de polpa tanto na saída como após quatro dias em condição ambiente (Tabela 7). A temperatura de $-0,5^{\circ}\text{C}$ pode ter causado estresse ao fruto e assim ter aumentado a incidência de degenerescência da polpa. Com relação às atmosferas de armazenamento, a incidência de degenerescência de polpa não apresentou diferença estatística na saída da câmara. No entanto, após quatro dias de exposição dos frutos em condição ambiente, os frutos armazenados em atmosfera controlada apresentaram os menores valores de incidência de degenerescência de polpa. Estes resultados estão, em parte, de acordo com os obtidos por Brackmann et al. (2003b), que verificaram maior escurecimento de polpa em pêssigos ‘Chiripá’ armazenados em AR, mas não quando armazenados em AC. Considerando estes resultados de degenerescência de polpa, fica evidente que a ameixa ‘Laetitia’ não suporta o armazenamento por 60 dias nas condições avaliadas.

Visto ser uma cultivar de grande potencial, necessários trabalhos adicionais visando diminuir a incidência de podridão e degenerescência de polpa durante o armazenamento de ameixa ‘Laetitia’ para melhorar o controle fitossanitário e distúrbios fisiológicos durante a comercialização.

2.6 CONCLUSÃO

A atmosfera controlada proporciona um melhor controle do amadurecimento dos frutos. O uso da atmosfera controlada deve ser combinado com a temperatura de $0,5^{\circ}\text{C}$, sendo

a melhor condição 2,0 kPa de O₂ mais 5,0 kPa de CO₂. No entanto, o armazenamento da ameixa 'Laetitia' por 60 dias não é recomendado nas condições de atmosfera controlada avaliadas, pois não houve redução substancial na incidência de degenerescência da polpa.

3 ARMAZENAMENTO DE AMEIXAS ‘LAETITIA’ EM ATMOSFERA CONTROLADA COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE ETILENO E APLICAÇÃO DE 1-MCP

3.1 RESUMO

Objetivou-se no presente trabalho avaliar o efeito de diferentes concentrações de etileno e da aplicação do 1-MCP sobre a qualidade de ameixas ‘Laetitia’ armazenadas em atmosfera controlada. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco repetições e unidade experimental constituída por 30 frutos. Os tratamentos utilizados foram aplicação de 1-MCP ($1,0 \mu\text{L L}^{-1}$); $<0,04 \mu\text{L L}^{-1}$; $1,0 \mu\text{L L}^{-1}$; $>10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno (C_2H_4). A condição de armazenamento foi de $1,0 \text{ kPa}$ de O_2 + $3,0 \text{ kPa}$ de CO_2 na temperatura de $0,5^\circ\text{C}\pm 0,1^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $95\pm 2\%$. A taxa respiratória foi menor nos frutos tratados com 1-MCP e armazenados com $10 \mu\text{L L}^{-1}$ de C_2H_4 . A produção de etileno apresentou menores valores nos frutos tratados com 1-MCP. Na saída da câmara, a firmeza de polpa e a força para compressão do fruto foram mais elevadas nos frutos tratados com 1-MCP ou armazenados com $<0,04 \mu\text{L L}^{-1}$ de C_2H_4 . Após quatro dias de exposição dos frutos a condição ambiente, a maior firmeza de polpa foi nos frutos tratados com 1-MCP. A acidez titulável apresentou maiores teores nos tratamentos 1-MCP e $<0,04 \mu\text{L L}^{-1}$ de C_2H_4 . A degenerescência da polpa, na saída da câmara, apresentou menor incidência nos frutos dos tratamentos 1-MCP e $< 0,04 \mu\text{L L}^{-1}$ de C_2H_4 . A cultivar de ameixa ‘Laetitia’ apresenta sensibilidade ao etileno, mesmo em baixa concentração como a de $1,0 \mu\text{L.L}^{-1}$. A aplicação de 1-MCP e a absorção de etileno retardam o amadurecimento da ameixa ‘Laetitia’ e diminuem a incidência de degenerescência da polpa, sendo que o efeito do 1-MCP se prolonga durante o período de prateleira. Contudo, mesmo com o uso destas tecnologias, a incidência de degenerescência de polpa não permite o armazenamento por 60 dias.

Palavras-chave: *Prunus salicina*. Amadurecimento. Fisiologia pós-colheita. Distúrbios.

3.2 ABSTRACT

The objective this work was to evaluate the effect of different ethylene concentrations and of the application of 1-MCP on the quality of 'Laetitia' plums stored in controlled atmosphere. The experiment followed a completely randomized design, with five replicates with 30 fruits. The treatments evaluated were: 1-MCP application ($1.0 \mu\text{L L}^{-1}$); $<0.04 \mu\text{L L}^{-1}$; $1.0 \mu\text{L L}^{-1}$; $>10 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno (C_2H_4). The storage condition was 1.0 kPa of O_2 + 3.0 kPa of CO_2 at $0.5^\circ\text{C} \pm 0.1^\circ\text{C} / 95 \pm 2\% \text{ RH}$. Respiratory rate were lower in fruits treated with 1-MCP and stored at $10 \mu\text{L L}^{-1}$ of C_2H_4 . Ethylene production presented lower values in fruits treated with 1-MCP. In the chamber opening, flesh firmness and fruit compression resistance were higher in fruits treated with 1-MCP and stored at $<0.04 \mu\text{L L}^{-1}$ of C_2H_4 . After four days of shelf life, the bigger flesh firmness was obtained in fruits treated with 1-MCP. Titratable acidity presented higher levels in 1-MCP and $<0.04 \mu\text{L L}^{-1}$ of C_2H_4 . Flesh browning presented lower incidence, at the chamber opening, in fruits of 1-MCP and $<0.04 \mu\text{L L}^{-1}$ of C_2H_4 treatments. 'Laetitia' plums present ethylene sensibility, even in low concentration such as $1.0 \mu\text{L L}^{-1}$. 1-MCP application and ethylene absorption delay the ripening of 'Laetitia' plums and reduce flesh browning incidence. Effects of 1-MCP is prolonged during shelf life. However, even with the use of these technologies, flesh browning occurrence doesn't allow the storage for 60 days.

Keywords: *Prunus salicina*. Ripening. Postharvest physiology. Disorders

3.3 INTRODUÇÃO

Em frutos climatéricos, como a ameixa, o amadurecimento é extremamente rápido, pois, à medida que estes frutos amadurecem, ocorre um aumento na biossíntese de etileno, o qual é responsável por desencadear diversos processos fisiológicos e bioquímicos ligados ao amadurecimento dos frutos (BRACKMANN et al., 2000; WILLS et al., 2000; DONG et al., 2001). A ação do etileno no amadurecimento de frutos ocorre por meio de uma série de reações metabólicas que levam a mudança de textura, cor e sabor do fruto. O aumento da atividade das enzimas pectinametilesterase e poligalacturonase catalisam a hidrólise da pectina, provocando o amolecimento do fruto (MAJUMDER & MAZUMDAR, 2002).

O armazenamento em atmosfera controlada (AC) pode prolongar o tempo de vida pós-colheita do fruto, pois há um maior controle dos processos relacionados com o

amadurecimento. A taxa respiratória e o consumo de reservas são minimizados em atmosfera controlada, mantendo uma melhor qualidade dos produtos, além de prolongar o período de prateleira (NAVA & BRACKMANN, 2001). No entanto, em frutos climatéricos o período máximo de armazenamento depende de processos que são influenciados pelo etileno, como a taxa respiratória, a produção de etileno, a incidência de distúrbios fisiológicos e a incidência de podridões (RATO et al., 2004; STEFFENS et al., 2007). Os efeitos do etileno dependem de sua concentração, a qual induz o amadurecimento somente quando estiver acima de uma concentração considerada fisiologicamente ativa (BRACKMANN et al., 2003b). A ameixa 'Laetitia' possui sensibilidade ao etileno (ARGENTA et al., 2003), contudo se desconhece a concentração a partir da qual o amadurecimento é induzido. O conhecimento desta concentração crítica de etileno é de extrema importância, pois pode servir como ferramenta de orientação para o manejo adequado do etileno durante o armazenamento desta cultivar.

Alguns pequenos e médios fruticultores utilizam uma mesma câmara de armazenamento para ameixas 'Laetitia' e maçãs 'Gala'. Como esta cultivar de maçã produz grandes quantidades de etileno, a concentração de etileno no ambiente de armazenamento pode atingir valores acima de $20 \mu\text{L L}^{-1}$ no ambiente de armazenamento (BRACKMANN et al., 2000), o que pode induzir o rápido amadurecimento das ameixas. Além disso, uma alta sensibilidade ao fitormônio em atmosfera controlada indica que há necessidade da utilização de técnicas complementares a AC para minimizar os efeitos do etileno durante o armazenamento, como o uso de inibidores da ação do etileno (WATKINS, 2006) e a eliminação desse fitormônio no ambiente de armazenamento (WILLS et al., 2000).

O 1-MCP, um potente inibidor da ação do etileno, constitui-se em uma excelente alternativa para o armazenamento de frutos (WATKINS, 2006), apresentando efeitos positivos na manutenção da qualidade de pêssegos (NAVA & BRACKMANN, 2001) e ameixas (ARGENTA et al., 2003; BLANKENSHIP & DOLE, 2003; PALOU & CRISOSTO, 2003; KHAN & SINGH, 2005; MENNITI et al., 2006; WATKINS, 2006). No entanto, alguns trabalhos têm verificado efeito do 1-MCP apenas na firmeza de polpa (DONG et al., 2001). O uso do 1-MCP em ameixas 'Laetitia' conservadas em armazenamento refrigerado apresentou resultado positivo no controle do amadurecimento (ARGENTA et al., 2003). No entanto, seu efeito em frutos armazenados em atmosfera controlada é desconhecido. Em maçãs 'Gala' foi observado que o 1-MCP, apesar de ter excelente efeito no armazenamento refrigerado, apresenta menor eficiência em atmosfera controlada, com resultados semelhantes à absorção de etileno (BRACKMANN et al., 2008).

A eliminação do etileno no ambiente de armazenamento dos frutos apresenta excelentes resultados na manutenção da qualidade de maçãs ‘Royal Gala’ (BRACKMANN et al., 2000) e ‘Gala’ (BRACKMANN et al., 2008). De acordo com Brackmann et al. (2008), em maçãs ‘Gala’, essa técnica pode apresentar resultados semelhantes à aplicação do 1-MCP na manutenção da qualidade de frutos armazenados em atmosfera controlada, porém com menor custo. No entanto, em ameixas ‘Reubennel’ e ‘Pluma 7’ não foi observado efeito da eliminação do etileno na manutenção da qualidade dos frutos (BRACKMANN et al., 2005a).

O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito de diferentes concentrações de etileno e da aplicação do 1-MCP sobre a qualidade de ameixas ‘Laetitia’ armazenadas em atmosfera controlada.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

As ameixas ‘Laetitia’ foram colhidas em pomar comercial localizado no município de Lages, SC, e após foram transportadas para o Laboratório do Núcleo de Pesquisa em Pós-Colheita – NPP, da Universidade Federal de Santa Maria, localizado no município de Santa Maria, RS. No laboratório, os frutos foram selecionados, eliminando-se aqueles com lesões, defeitos, ferimentos ou dano mecânico e, posteriormente, procedeu-se a homogeneização das unidades experimentais.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, sendo utilizadas cinco repetições por tratamento e unidade experimental constituída por 30 frutos. Os tratamentos utilizados foram: aplicação de 1-MCP ($1,0 \mu\text{L L}^{-1}$); $<0,04 \mu\text{L L}^{-1}$; $1,0 \mu\text{L L}^{-1}$; $>10 \mu\text{L L}^{-1}$ de C_2H_4 . Os frutos de todos os tratamentos foram armazenados em minicâmaras experimentais de atmosfera controlada com capacidade de 180L. A condição de armazenamento utilizada foi de 1,0 kPa de O_2 + 3,0 kPa de CO_2 na temperatura de $0,5 \pm 0,1^\circ\text{C}$ e umidade relativa do ar de $95 \pm 2\%$.

As pressões parciais dos gases foram obtidas pela diluição do O_2 nas minicâmaras com injeção de N_2 , proveniente de um gerador de nitrogênio, que utiliza o princípio “Pressure Swing Adsorption” – (PSA). A manutenção das pressões parciais dos gases nas diferentes câmaras, que variavam em função da respiração dos frutos, foi realizada através da análise diária, com o uso de analisadores eletrônicos de O_2 e CO_2 (Agri-datalog) e posterior correção das pressões parciais até os níveis preestabelecidos nos tratamentos. O O_2 consumido pela respiração foi repostado por meio da injeção de ar atmosférico nas minicâmaras. O CO_2 em

excesso foi absorvido por uma solução de hidróxido de potássio (40%), por meio da qual foram circulados os gases das minicâmaras.

Para a eliminação de etileno, no tratamento com baixo etileno ($<0,04 \mu\text{L.L}^{-1}$), foi realizada a absorção química deste gás por meio da adição, no interior da minicâmara, de sachês (1 sachê para cada 3 kg de frutos) contendo substrato com permanganato de potássio. Para o tratamento com concentração de $1,0 \mu\text{L L}^{-1}$ de etileno não foi realizada a absorção. No tratamento com concentração de etileno $>10 \mu\text{L L}^{-1}$ foi realizada a injeção no interior da minicâmara de gás Etil 5 (5% de etileno + 95% de N_2), proveniente de cilindro de alta pressão, para manter a concentração de etileno levemente superior a $10 \mu\text{L L}^{-1}$, simulando uma situação em que os frutos seriam armazenados juntamente com maçãs 'Gala', o que é muito praticado por pequenos e médios fruticultores.

Os níveis de etileno foram monitorados semanalmente, por cromatografia gasosa, injetando-se 1 mL de gás da atmosfera de cada câmara em um cromatógrafo a gás, marca Varian, modelo 3400 CX, equipado com detector de ionização de chama, coluna empacotada com Porapak N de 0,7m de comprimento, e como gás de arraste foi utilizado o nitrogênio. As temperaturas empregadas foram 90°C , 140°C e 200°C para coluna, injetor e detector, respectivamente.

Para o tratamento com 1-MCP foi utilizado o produto SmartFresh[®] (0,14% de 1-MCP na formulação pó), na relação de 0,16g de produto/ m^3 de câmara, para obter $1,0 \mu\text{L L}^{-1}$ de 1-MCP. O produto foi solubilizado em água, em condição ambiente, em um recipiente hermético e, posteriormente, a solução foi transferida para uma placa de Petri dentro de uma minicâmara com volume de 180L, com fechamento hermético. Os frutos ficaram expostos ao tratamento por 24 horas.

Após 60 dias de armazenamento, os frutos foram transportados para o Laboratório de Pesquisa em Fisiologia e Tecnologia de Pós-Colheita, da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), e as amostras divididas em duas sub-amostras de 15 frutos, uma para análise na saída da câmara e outra para análise após quatro dias de exposição dos frutos à condição ambiente ($20\pm 2^\circ\text{C}/60\pm 5\%$ de UR). As variáveis analisadas foram taxas respiratória e de produção de etileno, firmeza de polpa, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), atributos de textura, índice de cor vermelha (ICV), cor da epiderme (nos lados menos e mais vermelhos do fruto), incidência de podridões e de degenerescência da polpa.

As taxas respiratória e de produção de etileno foram quantificadas, colocando-se 15 frutos de cada amostra em um recipiente com o volume de 2.300 mL, que permite fechamento hermético. A taxa respiratória foi obtida pela diferença da concentração de CO_2 no interior do

recipiente, imediatamente após o seu fechamento e depois de uma hora. Alíquotas de gás (1 mL) foram retiradas dos recipientes através de um septo e injetadas em um cromatógrafo a gás Varian®, modelo CP-3800, equipado com uma coluna Porapak N® de 3,0 m de comprimento (80-100 mesh), metanador e detector de ionização de chama. As temperaturas da coluna, do detector, do metanador e do injetor foram de 45°C, 120°C, 300°C e 110°C, respectivamente. Os fluxos de nitrogênio, hidrogênio e ar sintético foram de 70, 30 e 300 mL min⁻¹, respectivamente. Os valores das taxas respiratória e de produção de etileno foram calculados através da fórmula desenvolvida por Banks et al. (1995) e expressos em nmol de CO₂ kg⁻¹ s⁻¹ e pmol de C₂H₄ kg⁻¹ s⁻¹, respectivamente.

A firmeza de polpa (N) foi determinada na região equatorial dos frutos, em dois lados opostos, após remoção de uma pequena porção da epiderme e com auxílio de um penetrômetro equipado com ponteira de 7,9 mm de diâmetro.

Os valores de AT (mEq 100 mL⁻¹) foram obtidos através de uma amostra de 10 mL de suco, previamente extraído de fatias transversais retiradas da região equatorial dos frutos e trituradas em uma centrífuga. Esta amostra foi diluída em 90 mL de água destilada e titulada com solução de NaOH 0,1 N até pH 8,1. Os teores de SS (°Brix) foram determinados por refratometria, utilizando-se o suco extraído conforme descrito para a acidez titulável, sendo realizada a correção do efeito da temperatura (20°C).

Os atributos de textura foram analisados com um texturômetro eletrônico TAXT-plus® (Stable Micro Systems Ltd., Reino Unido), em termos de força para ruptura da epiderme, para a penetração na polpa e para a compressão do fruto inteiro. Para a quantificação da força para ruptura da epiderme e para a penetração na polpa foi utilizada uma ponteira, modelo PS2, com 2 mm de diâmetro, a qual foi introduzida na polpa a uma profundidade de 5 mm com velocidades pré-teste, teste e pós-teste de 30, 5 e 30 mm s⁻¹, respectivamente. A resistência do fruto à compressão foi determinada usando-se uma plataforma plana, modelo P/75, com 75 mm de diâmetro, que exerceu uma força de compressão até uma deformação de 5 mm na superfície do fruto.

O ICV foi determinado avaliando-se a superfície dos frutos recoberta com coloração vermelha, sendo atribuídas notas de 1 a 4 (0-25%, 26-50%, 51-75% e 76-100% com superfície do fruto pigmentada de vermelho para os índices 1, 2, 3 e 4, respectivamente). O índice foi calculado pelo somatório dos produtos do número de frutos pela sua respectiva nota, dividido pelo total de frutos da amostra.

A determinação da cor da epiderme (ângulo *hue*) foi efetuada com um colorímetro Minolta, modelo CR400, sendo as leituras realizadas nos lados mais vermelho e menos

vermelho do fruto, na região equatorial. Os resultados foram expressos em ângulo de cor (h°). O h° define a coloração básica, sendo que 0° = vermelho, 90° = amarelo e 180° = verde.

A incidência de podridões foi avaliada pela contagem dos frutos afetados, que apresentaram lesões maiores do que 5 mm de diâmetro com características de ataque de patógenos.

A incidência de degenerescência da polpa foi avaliada através de corte transversal na região equatorial do fruto, sendo contabilizados os frutos que apresentaram escurecimento da polpa e os resultados expressos em porcentagem (%).

Os dados foram submetidos à análise da variância (ANOVA). Dados em porcentagem foram transformados pela fórmula $\text{arc. sen } \sqrt{x/100}$ antes de serem submetidos à ANOVA. Para a comparação das médias, adotou-se o teste de Tukey ($P < 0,05$).

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os frutos tratados com 1-MCP e armazenados com $>10 \mu\text{L L}^{-1}$ de C_2H_4 apresentaram menores taxas respiratória e de produção de etileno (Tabela 8). Argenta et al. (2003) também observaram menores taxas respiratória e de produção de etileno em ameixas ‘Laetitia’ tratadas com 1-MCP. O efeito do 1-MCP sobre a redução nas taxas respiratória e de produção de etileno está relacionado à inibição da ação do etileno. Dal cin et al. (2006) observaram que a menor produção de etileno em maçãs tratadas com 1-MCP está relacionada à menor produção de transcritos das enzimas ACC sintase e ACC oxidase e dos receptores de etileno, ETR1 e ERS1. Watkins (2006) afirma que o 1-MCP também reduz a atividade das enzimas ACC sintase e ACC oxidase. Às menores taxas respiratória e de produção de etileno no tratamento com $>10 \mu\text{L L}^{-1}$ de C_2H_4 estão de acordo com os resultados obtidos em ameixas ‘Red Rose’ armazenadas em concentrações de etileno maiores que $10 \mu\text{L L}^{-1}$ (DONG et al., 2001). Possivelmente, este resultado esteja relacionado ao fato dos frutos estarem em senescência. Em frutos climatéricos, este estágio de desenvolvimento é caracterizado pela redução na atividade respiratória e na biosíntese de etileno. O etileno é responsável por induzir o amadurecimento dos frutos e, por isso, antecipar a senescência (TAIZ & ZEIGER, 2006). Brackmann et al. (2000) observaram, em maçãs ‘Royal Gala’, que altas concentrações de etileno ($>20 \mu\text{L L}^{-1}$) induziram os frutos a entrarem em senescência mais rapidamente.

Tabela 8 - Taxas respiratória e de produção de etileno em ameixas ‘Laetitia’ armazenadas por 60 dias em AC com diferentes concentrações de C₂H₄ e aplicação de 1-MCP e mais quatro dias em condição ambiente (20±2°C/60±5% de UR). Lages, 2008.

Tratamentos	Taxa respiratória (nmol CO ₂ kg ⁻¹ s ⁻¹)		Produção de etileno (pmol C ₂ H ₄ kg ⁻¹ s ⁻¹)	
	Após quatro dias			
	Saída da câmara	a 20°C	Saída da câmara	20°C
1-MCP	192,50c	117,70b	0,57c	0,33c
<0,04 μL L ⁻¹ de C ₂ H ₄	358,10b	293,20a	2,44b	4,29a
1 μL L ⁻¹ de C ₂ H ₄	727,30a	298,90a	4,39a	5,13a
>10 μL L ⁻¹ de C ₂ H ₄	253,80bc	167,00b	1,28c	2,26b
C.V(%)	12,83	19,0	13,54	19,93

*Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Na saída da câmara, os frutos armazenados com 1,0 μL L⁻¹ de C₂H₄ apresentaram os maiores valores de taxas respiratória e de produção de etileno, sendo que os frutos do tratamento com <0,04 μL L⁻¹ de C₂H₄ apresentaram comportamento intermediário. Estes resultados juntamente com os obtidos no tratamento com concentração de C₂H₄ >10 μL L⁻¹ demonstram que o etileno acelera o desenvolvimento dos frutos. Durante o desenvolvimento dos frutos climatérios ocorre um aumento nas taxas respiratória e de produção de etileno no amadurecimento, ocorrendo uma queda durante a senescência (WILLS et al., 1998). Provavelmente os frutos dos tratamentos <0,04 μL L⁻¹, 1,0 μL L⁻¹ e >10 μL L⁻¹ de C₂H₄ estão, próximos aos estádios pré-climatérico, climatérico e pós-climatérico, respectivamente.

Na saída da câmara, apenas houve diferença entre tratamentos para as variáveis firmeza de polpa e resistência do fruto a compressão, as quais apresentaram maiores valores nos frutos armazenados na menor concentração de etileno e naqueles tratados com 1-MCP (Tabela 9). Após quatro dias em condição ambiente, a firmeza de polpa e a força para ruptura da casca foram mais elevadas nos frutos tratados com 1-MCP, sendo que para os outros atributos de textura não houve diferenças significativas entre tratamentos (Tabela 9). Estes mesmos efeitos foram obtidos com a aplicação de 1-MCP em maçã ‘Gala’ (BRACKMANN et al., 2004) e ameixa ‘Laetitia’ (ARGENTA et al., 2003) e com a absorção do etileno em maçã ‘Gala’ (BRACKMANN et al., 2003a) e ‘Royal Gala’ (BRACKMANN et al., 2000). Possivelmente, estes resultados estão relacionados à menor ação do etileno sobre as enzimas hidrolíticas de parede celular, pois o mesmo é necessário para a promoção na atividade de enzimas responsáveis pela redução da firmeza dos frutos (JOHNSTON et al., 2001; MAJUMDER & MAZUMDAR, 2002). No entanto, no pêsego ‘Chimarrita’

(BRACKMANN et al., 2003b) e nas ameixas ‘Reubennel’ e ‘Pluma 7’ (BRACKMANN et al., 2005a) não foi observado efeito positivo da absorção de etileno sobre a manutenção da firmeza de polpa, discordando dos resultados obtidos no presente trabalho.

Apesar das diferenças entre tratamentos para a firmeza de polpa e para resistência do fruto à compressão, as variáveis força para a penetração da polpa e para a ruptura da epiderme não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos avaliados (Tabela 9). Segundo Guillermin et al. (2006), pode ocorrer comportamento diferenciado entre os atributos firmeza de polpa e força para a penetração da polpa. Isto resulta do fato de que a determinação da firmeza de polpa com o penetrômetro desconsidera a resistência exercida pelo tecido epidérmico e pela camada de células hipodérmicas, as quais parecem proteger o tecido interno contra a desintegração de suas células. Considerando estes resultados, pode-se supor que o efeito dos tratamentos sobre a manutenção da integridade das paredes celulares parece ser maior nas células das camadas mais internas da polpa dos frutos, conforme observado em trabalho realizado com esta mesma cultivar de ameixa (STEFFENS et al., 2009).

Tabela 9 - Qualidade físico-química de ameixas ‘Laetitia’ armazenadas por 60 dias em AC com diferentes concentrações de C_2H_4 e aplicação de 1-MCP e mais quatro dias em condição ambiente ($20\pm 2^\circ C/60\pm 5\%$ de UR). Lages, 2008.

Tratamentos	Firmeza de polpa (N)	Sólidos solúveis ($^\circ$ Brix)	Acidez titulável ($mEq\ 100mL^{-1}$)	Força para ruptura da casca (N)	Força para penetração da polpa (N)	Resistência do fruto a compressão (N)
Saída da Câmara						
1-MCP	37,10ab	8,35a	17,90a	10,60a	2,33a	95,03ab
$<0,04\mu L\ L^{-1}$ de C_2H_4	38,40a	8,75a	19,02a	10,24a	2,10a	105,75a
$1\mu L\ L^{-1}$ de C_2H_4	35,60ab	8,27a	19,40a	9,61a	2,56a	78,35b
$>10\mu L\ L^{-1}$ de C_2H_4	32,50b	8,35a	17,83a	9,69a	1,86a	77,02b
C.V (%)	6,56	3,55	4,88	7,39	10,27	12,04
Após quatro dias em condição ambiente						
1-MCP	39,74a	8,94a	20,50a	11,17a	2,26a	83,10a
$<0,04\mu L\ L^{-1}$ de C_2H_4	32,77b	8,74a	21,40a	10,45b	2,24a	86,70a
$1\mu L\ L^{-1}$ de C_2H_4	33,80b	8,20a	15,60b	10,15b	2,04a	74,40a
$>10\mu L\ L^{-1}$ de C_2H_4	30,70b	8,50a	17,80b	10,05b	2,15a	79,90a
C.V (%)	8,74	3,45	5,21	4,17	8,75	9,24

*Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Os SS não foram influenciados pelos tratamentos, tanto na saída da câmara como após quatro dias de exposição dos frutos em condição ambiente (Tabela 9). Outros trabalhos relatam que o 1-MCP não influencia os teores de sólidos solúveis nas cultivares ‘Laetitia’ (ARGENTA et al. 2003), ‘Fortune’, ‘Angeleno’ e ‘President’ (MENNITI et al. 2006). Brackmann et al. (2003) também não observaram efeito de diferentes concentrações de etileno sobre os teores de sólidos solúveis totais de maçãs ‘Gala’, concordando com os resultados obtidos no presente trabalho.

Após 60 dias de armazenamento da ameixa ‘Laetitia’ verificou-se que, na saída da câmara, não houve diferença entre tratamentos para acidez titulável, contudo, após quatro dias em condição ambiente, os maiores valores de acidez foram observados nos frutos tratados com 1-MCP e armazenados na concentração de $<0,04 \mu\text{L.L}^{-1}$ de etileno (Tabela 9). O resultado obtido com 1-MCP está de acordo com Argenta et al. (2003), que também observaram maior acidez em ameixas ‘Laetitia’ tratadas com 1-MCP e armazenadas sob refrigeração. O efeito da eliminação do etileno sobre a manutenção da acidez titulável também foi observado em maçãs ‘Royal Gala’ (BRACKMANN et al., 2000) e ‘Gala’ (BRACKMANN et al., 2003a).

A cor dos frutos avaliada em termos de índice de cor vermelha e ângulo *hue*, tanto no lado mais vermelho como no lado menos vermelho, não foi influenciada pelos tratamentos (Tabela 10).

Tabela 10 - Cor e degenerescência de ameixas ‘Laetitia’, armazenadas por 60 dias em AC com diferentes concentrações de C_2H_4 e aplicação de 1-MCP MCP e mais quatro dias em condição ambiente ($20 \pm 2^\circ\text{C}/60 \pm 5\%$ de UR).. Lages, 2008.

Tratamentos	ICV** (1-4)	h°		Degenerescência da Polpa (%)
		(+ Vermelho)	(- Vermelho)	
Saída da câmara				
1-MCP	2,64a	37,50a	64,80a	16,60b
$<0,04 \mu\text{L L}^{-1}$ de C_2H_4	2,70a	41,20a	82,70a	18,50b
$1 \mu\text{L L}^{-1}$ de C_2H_4	2,81a	35,60a	91,20a	53,90a
$>10 \mu\text{L L}^{-1}$ de C_2H_4	2,95a	39,80a	83,90a	39,90a
C.V(%)	6,60	9,36	23,36	23,28
Após quatro dias em condição ambiente				
1-MCP	3,78a	30,80a	59,70a	41,30a
$<0,04 \mu\text{L L}^{-1}$ de C_2H_4	3,65a	29,80a	64,80a	37,30a
$1 \mu\text{L L}^{-1}$ de C_2H_4	3,85a	30,60a	61,50a	48,90a
$>10 \mu\text{L L}^{-1}$ de C_2H_4	3,70a	31,60a	61,00a	27,50a
C.V(%)	19,04	5,22	13,5	17,73

*Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Esse resultado demonstra que não houve efeito desses tratamentos no retardamento da evolução da coloração da ameixa 'Laetitia' durante o armazenamento dos frutos. No entanto, alguns trabalhos demonstram que as alterações na coloração em ameixas, durante o amadurecimento, é um processo dependente de etileno (ARGENTA et al. 2003; PALOU & CRISOSTO, 2003).

Os maiores percentuais de degenerescência da polpa foram observados nos tratamentos $1,0 \mu\text{L.L}^{-1}$ e $>10,0 \mu\text{L.L}^{-1}$ de etileno (Tabela 10). Este resultado demonstra que a degenerescência da polpa está relacionada à ação do etileno. Argenta et al. (2003) constataram redução da incidência de degenerescência da polpa com o uso do 1-MCP e Brackmann et al. (2000) observaram menor incidência do distúrbio, em maçãs 'Royal Gala', em menores concentrações de etileno. Contudo, apesar da redução na incidência de degenerescência da polpa com o uso do 1-MCP e da absorção de etileno, observou-se incidência deste distúrbio em todos os tratamentos (Figura 3) o que pode estar relacionado ao tempo de armazenamento prolongado ou pela condição de atmosfera controlada ser inadequada a esta cultivar.



Figura 3 – Frutos acima de 50% degenerescência de polpa

A incidência de podridões, tanto na saída da câmara como após quatro dias de exposição dos frutos em condição ambiente, não apresentou diferenças entre tratamentos (dados não apresentados).

3.6 CONCLUSÃO

A cultivar de ameixa 'Laetitia' possui sensibilidade ao etileno, mesmo em baixa concentração como a de $1,0 \mu\text{L.L}^{-1}$. A aplicação de 1-MCP e a absorção de etileno retardam o amadurecimento da ameixa 'Laetitia' e diminuem a incidência de degenerescência da polpa, sendo que o efeito do 1-MCP se prolonga durante o período de prateleira. Contudo, mesmo com o uso destas tecnologias, a incidência de degenerescência de polpa não permite o armazenamento por 60 dias. Outras pesquisas devem ser realizadas para avaliar o efeito destas tecnologias em outras condições de atmosfera controlada.

4 CONCLUSÕES FINAIS

O armazenamento refrigerado manteve satisfatoriamente a qualidade da ameixa 'Laetitia' por um período de armazenamento de 30 dias. A melhor temperatura para o armazenamento refrigerado de ameixas 'Laetitia' é de $-0,5^{\circ}\text{C}$. Neste sistema de armazenamento, o uso do 1-MCP e da indução de perda de massa fresca contribuem para retardar o amadurecimento, sendo que o efeito do 1-MCP se mantém após exposição dos frutos em condição ambiente durante quatro dias.

A atmosfera controlada proporciona um melhor controle do amadurecimento dos frutos do que o armazenamento refrigerado em períodos prolongados de armazenamento. Neste sistema de armazenamento, a temperatura de armazenamento de $0,5^{\circ}\text{C}$ é melhor do que a temperatura de $-0,5^{\circ}\text{C}$. A melhor condição de AC é 2,0 kPa de O_2 mais 5,0 kPa de CO_2 . No entanto, o armazenamento da ameixa 'Laetitia' por 60 dias não é recomendado nas condições de atmosfera controlada avaliadas, pois não houve redução substancial na incidência de degenerescência da polpa.

A cultivar de ameixa 'Laetitia' possui sensibilidade ao etileno, tanto no armazenamento refrigerado como em atmosfera controlada. Em atmosfera controlada, os frutos apresentaram sensibilidade ao etileno mesmo em baixa concentração como a de $1,0 \mu\text{L.L}^{-1}$. Desta forma, a aplicação de 1-MCP e a absorção de etileno retardam o amadurecimento da ameixa 'Laetitia' e diminuem a incidência de degenerescência da polpa. No entanto, ao contrário da absorção de etileno, o efeito do 1-MCP se mantém durante o período de prateleira. Contudo, mesmo com o uso destas tecnologias, a incidência de degenerescência de polpa não permite o armazenamento por 60 dias.

Outras pesquisas devem ser realizadas para avaliar o efeito destas tecnologias em outras condições de atmosfera controlada, visando inibir ou minimizar a incidência de degenerescência da polpa a níveis comercialmente aceitáveis. Além disso, também deve-se avaliar possíveis efeitos das condições edafoclimáticas sobre o comportamento pós-colheita desta cultivar.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, Z.M. et al. Low temperature storage and modified atmosphere packaging of carambola fruit and their effects on ripening related texture changes, wall modification and chilling injury symptoms. **Postharvest Biology and Technology**, v.33, n.2, p.181-192, 2004.

ARGENTA, L.C. et al. Ripening and quality of 'Laetitia' plums following harvest and cold storage as affected by inhibition of ethylene action, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.10, p.1139-1148, 2003.

BANKS, N.H. et al. Proposal for a rationalized system of units for postharvest research in gas exchange. **American Society for Horticultural Science**, Alexandria v.30, n.6, p.1129-1131, 1995.

BLANKENSHIP, S.M.; DOLE, J.M. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.28, p.1-25, 2003.

BRACKMANN, A. et al. Armazenamento de maçãs 'Royal Gala' sob diferentes concentrações de etileno. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.6, n.1, p.39-41, 2000.

BRACKMANN, A. et al. Armazenamento de ameixas 'Reubennel' e 'Pluma 7' em frigoconservação intermitente e atmosfera controlada. **Revista Científica Rural**, Bagé, v.6, n.1, p.71-76, 2001.

BRACKMANN, A. et al. Armazenamento de maçã 'Gala' em atmosfera controlada com remoção do etileno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.4, p.647-650. 2003.

BRACKMANN, A. STEFFENS, C.A.; GIEHL, R.F.H. Armazenamento de pêssegos Chimarrita em atmosfera controlada e sob absorção de etileno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n.3, p.431-435, 2003.

BRACKMANN, A. et al. Qualidade da maçã cv. Gala tratada com 1-metilciclopropeno, **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, p.1415-1420, 2004.

BRACKMANN, A et al. Armazenamento de ameixas ‘Reubennel’ e ‘Pluma 7’ sob diferentes temperaturas, em atmosfera controlada e refrigerada. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.11, n.1, p.85-89, 2005a

BRACKMANN, A. et al. Temperatura e otimização da atmosfera controlada para o armazenamento de maçã ‘Gala’. **Revista Brasileira Agrociências**, Pelotas, v.11, n. 4, p.505-508, 2005b.

BRACKMANN, A. et al. Armazenamento de pêsegos cv. “Granada” em atmosfera controlada, visando ao transporte a longas distâncias. **Ciência Rural**, Santa Maria v.37, n.3, p., 2007a.

BRACKMANN, A. et al. Indução da perda de massa fresca e a ocorrência de distúrbios fisiológicos em maçãs “Royal Gala” durante o armazenamento em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.32, n.2, p.87-92, 2007b.

BRACKMANN, A. et al. Qualidade da maçã ‘Gala’ armazenada em atmosfera controlada associada a absorção e ao controle da síntese e da ação do etileno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.8, p.2151-2156, 2008.

CANDAN, A.P. et al. Improvement of storability and shef-life of ‘Blackamber’ plums treated with 1-methylcyclopropene. **Food Science and Technology International**, London, v.12. n.5, p.437-443, 2006.

CASTRO, L.A.S. de.; NAKASU, B.H.; PEREIRA, J.F.M. **Ameixeira: Histórico e Perspectivas de Cultivo**. Pelotas: EMBRAPA-CNPFT, 2008. 10p. (EMBRAPA-CNPFT. Circular Técnica, 70).

CERETA, M. et al. Conservação em atmosfera controlada de pêsego Eldorado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n.1, p.73-79, 2000.

DAL CIN, V. et al. The ethylene biosynthetic and signal transduction pathways are differently affected by 1-MCP in apple and peach fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, n.42, p.125-133, 2006.

DONG, L.; et al. S. Ripening of ‘Red Rosa’ plums: effect of ethylene and 1-metilciclopropene. **Journal of Plant Physiology** , Jena, n.28, p.1039-1045, 2001.

DONG, L. et al. Effect of 1-methylcyclopropene on ripening of 'Canino' apricots and 'Royal Zee' plums. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, n.24, p.135-145, 2002.

DRAKE, S.R. & ELFVING. Short-term controlled atmosphere storage for storage-life extension of white-fleshed peaches and nectarines. **Journal of Food Quality**. Amsterdam v.26, p.135-147, 2003.

DUCROQUET, J.P.H.J.; NUNES, E.C.; DALBÓ, M.A. Potencial dos frutos de caroço para região de São Joaquim/SC. **Jornal da Fruta**. Caderno especial do 8 SENAFRUTE São Joaquim, p.2, 2008.

DURIGAN, J. F. Uso da modificação de atmosfera no controle de doenças. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 25, n.1, p.83-88, 1999.

GIRARDI, C.L. et al. Effect of ethylene, intermittent warming and controlled atmosphere on postharvest quality and the occurrence of woolliness in peach (*Prunus persica* cv. Chiripá) during cold storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.38, n.1, p.25-33, 2005.

GUILLERMIN, P. et al. Rheological and technological properties of two cider apple cultivars. **LWT – Food Science and Technology**, Amsterdam, v.39, n.9, p.995-1000, 2006.

GÜRAKAN, E.D.G.C.; BAYINDIRH, A. Effect of controlled atmosphere storage, modified atmosphere packaging and gaseous ozone treatment on the survival of *Salmonella enteritidis* on cherry tomatoes. **Food Microbiology**, 2005.

HESS-PIERCE, B.; KADER, A.A. Carbon dioxide-enriched atmospheres extend postharvest life of pomegranate 'Arils'. In: INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, 7. **Proceedings...**, California, v.5, p.122. 1997.

JOHNSTON, J.W. et al. Temperature induces differential softening responses in apple cultivars. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.23, n.3, p.185-196, 2001.

KHAN, A. S.; SING, Z. Postharvest application of 1-MCP affects ethylene biosynthesis and firmness of 'Tegan Blue' plum. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.687, p.409-411, 2005.

LIPPERT, F.; BLANKE, M.M. Effect of mechanical harvest and timing of 1-MCP application on respiration and fruit quality of European plums *Prunus domestica* L. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.34, n.3 p.305-311, 2004.

MADAIL, J.C.M. Aspectos socioeconômicos. In: CASTRO, L.A.S. (Ed.). Ameixa: produção. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. p. 13-15. (Frutas do Brasil, 43).

MAJUMDER, K.; MAZUMDAR, B.C. Changes of pectic substances in developing fruits of cape-gooseberry (*Physalis peruviana* L.) in relation to the enzyme activity and evolution of ethylene. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.96, n.1-4, p.91-101, 2002.

MANGANARIS, G.A. et al. Novel 1-methylcyclopropene immersion formulation extends shelf life of advanced maturity 'Joanna Red' plums (*Prunus salicina* Lindell). **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.47, p. 429-433, 2008a.

MANGANARIS, G.A. et al. Cell wall modifications in chilling-injured plum fruit (*Prunus salicina*). **Postharvest Biology and Technology**. Amsterdam, v. 48, p.77-83, 2008b.

MARTINEZ-ROMERO, D. et al. 1-Methylcyclopropene (1-MCP) Increased storability in plum (*Prunus salicina* Lindl. cv. Golden Japan). **Acta Horticulturae**, Leuven, n.599, p. 71-76, 2003.

MENNITI, A.M. et al. 1-Methylcyclopropene retards postharvest softening of plums. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.31. p.269-275, 2004

MENNITI, A.M.; DONAI, I.; GREGORI, R. Responses of 1-MCP application in plums stored under air and controlled atmosphere. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, n.39, p.243-246, 2006.

MURRAY, R. et al. Combined pre-storage heat treatment and controlled atmosphere storage reduced internal breakdown of 'Flavorcrest' peach. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.44, p.116-121, 2007.

NAVA, A.G.; BRACKMANN, A. Efeito da remoção do etileno e sistema de armazenamento sobre a qualidade de pêssegos (*Prunus pérsica*(L). Batsch), cv. Chiripá. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.7, n.2, p.153-158, 2001.

NAVA, A.G.; BRACKMANN, A. Armazenamento de pêssegos (*Prunus pérsica* (L) Batsch). cv. Chiripá, em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n.2, p.328-332, 2002.

PALOU, L. & CRISOSTO, C.H. The influence of exogenous ethylene application during cold storage on stone fruit quality and brown rot development. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.628, p. 269-276, 2003.

RATO, A.R.; BARROSO, J.M.; AGULHEIRO, A.C. Produção de etileno em frutos de ameixeira *Prunus domestica* sujeita a duas condições de temperatura. **Revista Ciências Agrárias**, Lisboa, v.30, n.1, p.331-338, 2004.

ROMBALDI, C. V. et al. Armazenamento de pêssegos (*Prunus pérsica* L.), cultivar Chiripá, em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.1, p.43-47, 2002.

SESTARI, I. et al. Condições de atmosfera controlada para pêssego “Maciel” colhidos em dois estádios de maturação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n.5, p.1240-1245, 2008.

STEFFENS, C. A. et al. Escurecimento da polpa e respiração de pêssegos em função das condições de armazenamento. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v.12, n.1, p.71-75, 2006.

STEFFENS, C.A. et al. Taxa respiratória de frutas de clima temperado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.3, p.313-321, 2007.

STEFFENS, C.A et al. O tratamento pré-colheita com aminoetoxivinilglicina ou ácido giberélico preserva a qualidade pós-colheita de ameixas ‘Laetitia’. **Biotemas**, Florianópolis, 2009. No prelo.

STRIEF, J. Lagerung von Stein und Beereobst. **Besseres Obst**, v. 4, p.18-19, 1995.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 4ª edição. Sunderland: Sinauer Associates, 2006. 705p.

TIAN, S.P. et al. Responses of physiology and quality of sweet cherry fruit to different atmospheres in storage. **Food Chemistry**, Amsterdam, v.87, p.43-49, 2004.

TORALLES, R.P. et al. Caracterização parcial do escurecimento enzimático pela polifenoloxidase em pêssegos das cvs. Granada, Jade, Esmeralda e Maciel. **Revista Brasileira de Agrociência**. Pelotas, v.10, n.1, p.241-244, 2004.

VALERO, D. et al. Quality improvement and extension of shelf life by 1-methylcyclopropene in plum as affected by ripening stage at harvest. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, Amsterdam, v.4 n.3, p. 339-348, 2003.

VALERO, D. et al. Could the 1-MCP treatment effectiveness in plum be affected by packaging? **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, n.34, p.295-303, 2004.

VILAS BOAS, E.V.B. Frutas climatericos e não climatericos: Implicação na pós colheita. In: **Simpósio de controle de doenças de plantas: Patologia Pós Colheita de frutas e hortaliças**, n.2, 2002, Lavras, **Anais...**Lavras: FAEPE, 2002, p.9-18.

WANG, C.Y. Approaches to reduction of chilling injury of fruits and vegetables. **Horticultural Review**, n.15, p.63–95, 1993.

WATKINS, C.B.; NOCK, J.F.; WHITAKER, B.D. Response of early, mid and late season apple cultivars to postharvest application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) under air and controlled atmosphere storage conditions. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, n.19, p.17-32, 2000.

WATKINS, C.B. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. **Biotechnology Advances**, Amsterdam, n.24, p.389-409, 2006.

WEINBERGER, J.H. Plums. In: JANICK, J.; MOORE, J. N. (Ed.). **Advances in fruit breeding**. West Lafayette: Purdue University, 1975. p. 336 - 347.

WILLS, R. H. et al. **Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals**. 4ª edição. New York: CAB International, 1998. 262p.

WILLS, R.B.; WARTON, M.A.; KU, V.V.V. Ethylene levels associated with fruit and vegetables during marketing. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v.40, p. 467-470, 2000.

ZAGORY, D.; KADER, A.A. Modified atmosphere packaging of fresh produce. **Food Technology**, n.42, p.70–77, 1988.

ZANETTE, F.; BIASI, L.A. Introdução à fruteiras de caroço. **Fruteiras de caroço** Uma visão ecológica. 2004. p. 1- 4.

ZHOU, H.W. et al. Delayed storage and controlled atmosphere storage of nectarines: two strategies to prevn woolliness. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.18, p.133-141, 2000.