

# EFEITO DO 1-METILCICLOPROPENO APLICADO ANTES E DURANTE O ARMAZENAMENTO REFRIGERADO SOBRE A QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE MAÇÃS 'GALA'

## EFFECT OF APPLICATION AND REAPPLICATION OF 1-METHYLCHYCLOPROPENE ON THE POSTHARVEST QUALITY OF 'GALA' APPLES

BRACKMANN, Auri<sup>1\*</sup>; FREITAS, Sérgio T. de<sup>2</sup>; OLIVEIRA, Viviani R. de<sup>2</sup>; MELLO, Anderson M.<sup>2</sup>

### RESUMO

Grande parte da produção brasileira de maçãs é conservada em armazenamento refrigerado, o que resulta em perdas quantitativas e qualitativas. Desta forma, a aplicação de novas tecnologias é de extrema importância para manter a qualidade pós-colheita de maçãs. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação inicial e da reaplicação de 1-MCP (1-metilciclopropeno) na manutenção da qualidade pós-colheita de maçãs 'Gala' armazenadas em ambiente refrigerado. Os tratamentos avaliados foram combinações entre a aplicação inicial e reaplicações de 1-MCP, sendo: testemunha (0 + 0); 0 + 312; 0 + 625; 625 + 0; 625 + 312; 625 + 625nL L<sup>-1</sup> respectivamente. De acordo com os resultados obtidos aos 150 dias, o tratamento com aplicação inicial e reaplicação de 625nL L<sup>-1</sup> foi o que apresentou maior acidez e sólidos solúveis totais. A degenerescência senescente foi maior nos tratamentos com a aplicação inicial de 625nL L<sup>-1</sup>, independentemente da reaplicação. Aos 150 dias de armazenamento mais sete dias de exposição a 20°C, a aplicação inicial de 625nL L<sup>-1</sup> com reaplicação de 312 e 625nL L<sup>-1</sup> mantiveram a firmeza de polpa mais elevada. A acidez titulável manteve-se mais elevada com aplicação inicial de 625nL L<sup>-1</sup>, independente da reaplicação. Aos 180 dias de armazenamento refrigerado, mais sete dias de exposição a 20°C, o tratamento sem 1-MCP apresentou menor firmeza de polpa. A aplicação inicial de 625nL L<sup>-1</sup> mais reaplicação de 312nL L<sup>-1</sup> apresentou maior valor para a acidez titulável. Os tratamentos com aplicação inicial de 1-MCP apresentaram em todas as épocas menores valores para a respiração e produção de etileno. A aplicação inicial de 625nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP proporciona uma melhor manutenção da qualidade pós-colheita da maçã 'Gala', sem a necessidade de reaplicações durante o armazenamento.

Palavras-chave: Etileno, fitoregulador, *Malus domestica* Borkh.

### INTRODUÇÃO

A maior parte da produção nacional da maçã 'Gala' (*Malus domestica*, Borkh) é conservada em armazenamento refrigerado (AR), técnica que permite somente 3 a 4 meses de conservação (BENDER, 1989). Quando o período de armazenamento é prolongado, os frutos apresentam perda de firmeza de polpa e suculência, ficando com textura farinhenta e podendo também manifestar rachadura.

O etileno é responsável por gerar grandes perdas qualitativas em maçãs, devido ao seu acúmulo na atmosfera das câmaras. A ação deste fitormônio no amadurecimento dos frutos ocorre através da ligação deste gás aos receptores localizados na membrana celular, ativando as rotas de transdução de sinal que influenciam o processo de amadurecimento (SISLER, 1991; SISLER & SEREK, 1997). No entanto, pode-se reduzir a ação do etileno sobre os frutos através da aplicação do composto volátil 1-MCP (1-metilciclopropeno). Este composto liga-se irreversivelmente ao

receptor do etileno em nível de membrana celular, inibindo assim, o seu estímulo fisiológico e a transdução de sinal, influenciando no processo de amadurecimento dos frutos (BLANKENSHIP & DOLE, 2003). Entretanto a duração das respostas induzidas pelo 1-MCP depende de sua concentração e da maturação dos frutos no momento do tratamento (ARGENTA, 2000).

A aplicação de 1-MCP em uma faixa de concentração de 600 a 1000nL.L<sup>-1</sup> no início do armazenamento de maçãs, promove uma redução na taxa respiratória, na produção de etileno, na perda de firmeza de polpa e da acidez dos frutos (FAN et al., 1999; WATKINS et al., 2000; DEELL et al., 2002). Porém, o efeito do 1-MCP diminui com a redução da temperatura (MIR & BEAUDRY, 2000), sendo que, no armazenamento por períodos maiores que quatro meses, aplicações sucessivas de 1-MCP podem promover uma melhor manutenção da qualidade (FAN et al., 1999; MIR & BEAUDRY, 2000). Acredita-se que a ligação do 1-MCP aos receptores das membranas seja irreversível e um aumento da sensibilidade dos frutos ao etileno pode estar relacionado ao surgimento de novos sítios de ligação (BLANKENSHIP & DOLE, 2003).

O objetivo deste trabalho foi de avaliar o efeito da aplicação inicial e da reaplicação de 1-MCP na manutenção da qualidade pós-colheita de maçãs cultivar Gala armazenadas em ambiente refrigerado.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Núcleo de Pesquisa em Pós-Colheita do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria no ano de 2001.

Foram utilizadas maçãs da cultivar Gala provenientes de um pomar comercial do município de Vacaria, RS. Após o transporte dos frutos para Santa Maria, estes foram selecionados eliminando-se os danificados e, posteriormente, procedeu-se a homogeneização das amostras.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado e os tratamentos avaliados foram combinações entre a aplicação inicial e reaplicações de 1-MCP, sendo: testemunha (0 + 0); 0 + 312; 0 + 625; 625 + 0; 625 + 312; 625 + 625nL L<sup>-1</sup> respectivamente. Cada tratamento foi composto por quatro repetições e unidade experimental de 30 frutos.

A aplicação inicial e a reaplicação de 1-MCP (após quatro meses de armazenamento) foram realizadas na temperatura de armazenamento dos frutos. Como fonte de 1-MCP, utilizou-se o produto Agrofresh (0,14%), na relação de 1,0g de produto/m<sup>3</sup> para obter 625nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP na

<sup>1</sup> Prof. Adjunto do Departamento de Fitotecnia, CCR/UFSM - Camobi, Caixa Postal 5052, CEP 97105-900, Santa Maria-RS. E-mail: [brackman@ccr.ufsm.br](mailto:brackman@ccr.ufsm.br)

<sup>2</sup> Aluno(a) do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, UFSM. Bolsista CNPq.

atmosfera das minicâmaras. O produto foi solubilizado em 25ml de água a 60°C em um recipiente hermético e, posteriormente, a solução foi transferida para uma placa de petri, já no interior da minicâmara, que foi imediatamente fechada. Os frutos ficaram expostos aos tratamentos por 24 horas a 0°C, e em seguida as minicâmaras foram ventiladas, com o auxílio de uma bomba de sucção com vazão 14m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup> durante uma hora, para eliminação do gás presente no interior da câmara.

As análises laboratoriais foram realizadas após 150 e 180 dias de armazenamento refrigerado e após sete dias de exposição dos frutos à temperatura de 20°C. As variáveis respostas analisadas foram firmeza de polpa, acidez titulável, sólidos solúveis totais, podridão e degenerescência senescente, de acordo com a metodologia descrita por BORTOLUZZI (1997). A respiração foi obtida através do acondicionamento de aproximadamente 1200g de frutos de cada repetição em recipientes com 5L, que após fechados hermeticamente por aproximadamente 3 horas, determinou-se a concentração de CO<sub>2</sub> através de um analisador marca Agri-Datalog, sendo os valores obtidos utilizados para o cálculo da respiração. Para a determinação do etileno, retirou-se duas amostras de ar de 1mL, dos mesmos recipientes usados para a respiração, e injetou-se em um cromatógrafo a gás, equipado com detector de ionização de chama e coluna Porapak N.

A cor de fundo da epiderme foi medida através de um colorímetro, marca Minolta, modelo CR 310, pelo sistema tridimensional de cores CIE L\*a\*b\*, onde L\* representa a luminosidade, a\* o espectro do verde ao vermelho e b\* representa o espectro azul ao amarelo. Os resultados foram expressos, fazendo-se o somatório do valor de a\* e b\*, que representa a evolução da coloração de fundo da epiderme do verde para o amarelo, ou seja, quanto menores os valores mais verde esta à epiderme do fruto. Para cada parâmetro avaliado foi efetuada uma análise da variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Duncan com 5% de probabilidade de erro. A variável degenerescência senescente, expressa em porcentagem, foi transformada pela fórmula  $\text{arc. sen} \sqrt{x / 100}$ , antes da análise da variância.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os resultados obtidos aos 150 dias de armazenamento refrigerado, a firmeza de polpa não foi influenciada pelos tratamentos utilizados (Tabela 1). Porém, após sete dias de exposição destes frutos à temperatura de 20°C, a maior firmeza foi obtida com as concentrações de 625nL L<sup>-1</sup>, aplicados no início do armazenamento com as reaplicações de 312 e 625nL L<sup>-1</sup> (Tabela 2).

Tabela 1 - Efeito do 1-MCP sobre a qualidade da maçã cv. Gala após 150 dias de armazenamento refrigerado. Santa Maria, RS, 2001.

Doses de 1-MCP(nL L <sup>-1</sup> )	Firmeza de polpa (N)	Acidez titulável (cmol L <sup>-1</sup> )	Sólidos solúveis totais(°Brix)	Cor da epiderme (a+b)	Degenerescência senescente (%)	Respiração (mlCO <sub>2</sub> Kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Produção de etileno (µl L <sup>-1</sup> )
0 + 0	46,8 <sup>ns</sup>	2,99 c**	13,0 a b	61,7 a	13,3 b	8,31 a	73,9 a
0 + 312*	46,9	2,73 c	12,6 b	59,1 a b	11,1 b	8,30 a	40,8 b
0 + 625	49,4	2,78 c	12,6 a b	60,3 a b	13,3 b	6,49 a b	20,0 c
625 + 0	52,5	4,08 b	12,8 a b	57,1 b	28,8 a b	4,77 b	0,58 d
625 + 312	50,8	3,97 b	12,4 b	57,9 a b	35,5 a	4,77 b	0,44 d
625 + 625	54,2	4,38 a	13,2 a	59,7 a b	17,7 a b	5,24 b	0,69 d
CV.	10,05	4,28	2,27	3,55	56,67	20,40	26,66

<sup>ns</sup> Efeito dos tratamentos não significativo pelo teste de Duncan (5% de erro).

\*\*Médias não seguidas pela mesma letra na vertical diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade de erro.

\*Reaplicação após 4 meses de armazenamento.

Tabela 2 - Efeito da aplicação de 1-MCP sobre a qualidade da maçã cv. Gala após 150 dias de armazenamento refrigerado mais sete dias de exposição à temperatura de 20°C. Santa Maria, RS, 2001.

Doses de 1-MCP(nL L <sup>-1</sup> )	Firmeza de polpa (N)	Acidez titulável (cmol L <sup>-1</sup> )	Sólidos solúveis totais(°Brix)	Cor da epiderme (a+b)	Degenerescência senescente (%)	Respiração (mlCO <sub>2</sub> Kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Produção de etileno (µl L <sup>-1</sup> )
0 + 0	36,7 b**	3,05 b	12,8 a b c	61,2 a b	39,8 <sup>ns</sup>	6,13 a	32,00 a
0 + 312*	43,2 b	2,53 c	12,5 b c	63,9 a	44,4	4,93 a b	19,42 b
0 + 625	38,4 b	2,22 c	12,4 c	60,9 a b	39,9	5,70 a	17,24 b
625 + 0	47,7 b	3,62 a	13,1 a b	61,1 a b	39,9	3,18 b	1,77 c
625 + 312	51,1 a b	3,50 a	13,3 a	61,1 a b	42,2	3,49 b	2,46 c
625 + 625	66,0 a	3,71 a	12,6 b c	59,8 b	31,1	3,10 b	1,99 c
CV.	18,75	7,47	2,58	3,27	41,8	26,39	45,59

<sup>ns</sup> Efeito dos tratamentos não significativo pelo teste de Duncan (5% de erro).

\*\*Médias não seguidas pela mesma letra na vertical diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade de erro.

\*Reaplicação após quatro meses de armazenamento

Após 180 dias de armazenamento refrigerado também não foi verificado efeito do 1-MCP sobre a firmeza de polpa (Tabela 3). Porém, após sete dias de exposição destes frutos

a 20°C a aplicação de 625nL L<sup>-1</sup> aos quatro meses de armazenamento, em frutos que não haviam sido tratados no início do armazenamento, e a aplicação inicial de 625nL L<sup>-1</sup>,

independente da reaplicação, proporcionaram frutos com maior firmeza de polpa (Tabela 4). Estes resultados estão de acordo com LELIÈVRE (1997) e BLANKENSHIP & SISLER (1989), que afirmaram que a perda de firmeza é um processo muito sensível ao etileno causando o amolecimento dos frutos, sendo necessário, para evitar isto, a utilização de inibidores da ação do etileno. Também os autores KNEE (1976), LIDSTER et al. (1983), YAHIA (1985), DOVER (1985), VAN SCHAIK & BOERRIGTER (1989), afirmam que a utilização de inibidores de etileno reduz a perda de firmeza dos frutos.

A acidez titulável aos 150 dias de armazenamento refrigerado manteve-se superior nos frutos que foram tratados com 625nL L<sup>-1</sup> no início do armazenamento e com reaplicação de 625nL L<sup>-1</sup> (Tabela 1). Já após sete dias a 20°C, a acidez foi maior com a aplicação inicial de 625nL L<sup>-1</sup>, independente da reaplicação (Tabela 2). Aos 180 dias de armazenamento, tanto na saída da câmara como após sete dias a 20°C, a aplicação inicial de 625nL L<sup>-1</sup>, independente da reaplicação, manteve a acidez titulável mais elevada em relação aos demais tratamentos (Tabelas 3 e 4). Estes resultados podem ser

explicados pela redução da ação do etileno sobre o processo da respiração (BANGERTH, 1975). Em função disto, ocorre redução na degradação do conteúdo de ácidos orgânicos (FIDLER & NORTH, 1967; WILLS, 1981) e, como consequência, se tem uma maior acidez nos frutos (YAMASHITA, 1994).

Os sólidos solúveis totais aos 150 dias de armazenamento refrigerado e após sete dias de exposição à temperatura de 20°C, demonstraram que a aplicação inicial e a reaplicação de 1-MCP não foram eficientes, pois não diferiram do tratamento sem 1-MCP (Tabelas 1 e 2). Aos 180 dias, as respostas foram semelhantes as citadas anteriormente, tanto para os resultados obtidos após o armazenamento refrigerado como para os obtidos depois da exposição dos frutos a 20°C (Tabelas 3 e 4). Os tratamentos não influenciaram os teores de sólidos solúveis totais pelo fato da utilização de inibidores da ação de etileno não afetar a taxa de degradação de amido em maçãs (LAU et al., 1986), sendo o amido um dos principais precursores dos açúcares através de sua hidrólise (RHODES, 1980).

Tabela 3 - Efeito da aplicação de 1-MCP sobre a qualidade da maçã cv. Gala após 180 dias de armazenamento refrigerado. Santa Maria, RS, 2001.

Doses de 1-MCP(nL L <sup>-1</sup> )	Firmeza de polpa (N)	Acidez titulável (cmol L <sup>-1</sup> )	Sólidos solúveis totais(°Brix)	Cor da epiderme (a+b)	Degenerescência senescente (%)	Respiração (mlCO <sub>2</sub> .Kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Produção de etileno (µl L <sup>-1</sup> )
0 + 0	49,6 <sup>ns</sup>	2,39 b**	13,2 a	56,5 <sup>ns</sup>	17,7 <sup>ns</sup>	14,08 a	51,54 a
0 + 312*	53,6	2,47 b	12,9 a b	63,3	11,1	10,99 b c	49,60 a
0 + 625	52,2	2,19 b	12,4 b	60,8	13,3	12,72 a b	23,06 b
625 + 0	55,4	3,47 a	13,2 a	49,8	37,7	10,29 b c	0,90 c
625 + 312	57,3	3,62 a	12,9 a b	60,4	22,2	8,40 c	1,04 c
625 + 625	57,8	3,67 a	13,1 a	58,7	31,1	8,36 c	2,09 c
CV.	8,09	7,79	2,31	14,5	62,05	15,00	40,12

<sup>ns</sup> Efeito dos tratamentos não significativo pelo teste de Duncan (5% de erro).

\*\*Médias não seguidas pela mesma letra na vertical diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade de erro.

\*Reaplicação após 4 meses de armazenamento.

Tabela 4 - Efeito da aplicação de 1-MCP sobre a qualidade da maçã cv. Gala após 180 dias de armazenamento refrigerado mais sete dias de exposição à temperatura de 20°C. Santa Maria, RS, 2001.

Doses de 1-MCP(nL L <sup>-1</sup> )	Firmeza de polpa (N)	Acidez titulável (cmol L <sup>-1</sup> )	Sólidos solúveis totais(°Brix)	Cor da epiderme (a+b)	Degenerescência senescente (%)	Respiração (mlCO <sub>2</sub> Kg <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )	Produção de etileno (µl L <sup>-1</sup> )
0 + 0	37,3 c**	1,48 c	12,0 <sup>ns</sup>	63,5 <sup>ns</sup>	64,4 <sup>ns</sup>	1,75 a	57,34 a
0 + 312*	43,2 b c	1,77 c	11,1	57,2	68,8	2,00 a	51,15 a
0 + 625	44,7 a b c	1,82 c	12,1	61,4	53,3	1,50 a	30,18 b
625 + 0	55,2 a	2,89 a b	13,1	59,7	51,1	0,80 b	2,14 c
625 + 312	53,4 a b	3,43 a	12,9	57,3	37,7	0,70 b	1,83 c
625 + 625	44,5 a b c	2,82 b	13,0	61,3	55,5	0,76 b	1,50 c
CV.	12,43	13,63	10,74	6,88	36,13	28,78	26,45

<sup>ns</sup> Efeito dos tratamentos não significativo pelo teste de Duncan (5% de erro).

\*\*Médias não seguidas pela mesma letra na vertical diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade de erro.

\*Reaplicação após 4 meses de armazenamento.

A aplicação de 1-MCP não influenciou a manutenção da cor da epiderme aos 150 e aos 180 dias de armazenamento refrigerado e após a exposição dos frutos a 20°C (Tabelas 1, 2, 3 e 4). Estes resultados devem-se provavelmente ao fato da cor verde não ser influenciada pela aplicação de 1-MCP após longos períodos de armazenamento, como observado em outros frutos climatéricos (DONG et al., 2002).

A incidência de degenerescência senescente, após o período de 150 dias de armazenamento refrigerado, foi mais elevada no tratamento com 625nL L<sup>-1</sup> aplicado no início do armazenamento, independente da concentração de reaplicação (Tabela 1). Para as demais análises não ocorreram diferenças significativas para a variável degenerescência senescente (Tabelas 2, 3 e 4). Estes resultados estão de acordo com os obtidos por BRAMLAGE

(1982), onde maçãs tratadas com um inibidor da síntese de etileno (aminoetoxivinilglicina), não demonstraram redução na incidência da degenerescência senescente após o armazenamento.

A respiração, aos 150 dias de armazenamento refrigerado, foi menor nos tratamentos com aplicação inicial de 625nL L<sup>-1</sup>, independente das concentrações de reaplicação, e no tratamento sem aplicação inicial e com aplicação de 625nL L<sup>-1</sup> após quatro meses de armazenamento refrigerado (Tabela 1). Após sete dias de exposição dos frutos à temperatura de 20°C, a respiração foi menor com a aplicação inicial de 625nL L<sup>-1</sup>, independente da concentração de reaplicação, e sem aplicação inicial e com aplicação de 312nL L<sup>-1</sup> após quatro meses de armazenamento (Tabela 2).

Aos 180 dias de armazenamento refrigerado, os frutos tratados com 625nL L<sup>-1</sup> no início do armazenamento, independente da concentração reaplicada, e com aplicação de 312nL L<sup>-1</sup> após quatro meses de armazenamento nos frutos não tratados no início do armazenamento apresentaram os menores valores para a respiração (Tabela 3). Já após sete dias a 20°C, apenas os tratamentos com aplicação inicial de 625nL L<sup>-1</sup>, independente da reaplicação, promoveram uma menor respiração dos frutos (Tabela 4). A redução da respiração está relacionada com o declínio simultâneo na taxa de síntese de etileno (BURG, 1962), sendo que a concentração deste fitohormônio está diretamente relacionada com a magnitude do aumento da respiração (BANGERTH, 1975; GRIERSON, 1987).

A redução da produção de etileno foi mais intensificada nos tratamentos com aplicação inicial de 625nL L<sup>-1</sup>, independente da reaplicação utilizada, em todas as épocas de análise (Tabelas 1, 2, 3 e 4). Estes resultados podem ser explicados pelo fato do 1-MCP ser um potente inibidor da ação do etileno (SEREK et al.,1995), em frutas como bananas (JIANG et al.,1999) e maçãs (FAN et al., 1999), resultando na redução da produção autocatalítica deste fitohormônio (YANG & HÖFFMAN, 1984).

## CONCLUSÃO

A aplicação inicial de 625nL L<sup>-1</sup> de 1-MCP proporciona uma melhor manutenção da qualidade pós-colheita da maçã 'Gala', sem a necessidade de reaplicações durante o armazenamento.

## ABSTRACT

*Most of the Brazilian production of apples is kept in cold storage, which results in qualitative and quantitative losses. Thereby, the use of new technologies is really important to maintain the postharvest quality of apples. The objective of this work was to evaluate the effect of application and reapplication of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on the maintenance of the postharvest quality of 'Gala' apples after cold storage. The treatments were different combinations and concentrations of 1-MCP applied at the beginning of cold storage (application) and during cold storage (reapplication) as follow: control (0+0); 0 + 312; 0 + 625; 625 + 0; 625 + 312; 625 + 625nL L<sup>-1</sup>, respectively. After 150 days, the application followed by reapplication of 625nL L<sup>-1</sup> showed the highest titratable acid and total soluble solids content. The senescence breakdown was higher with the application of 625nL L<sup>-1</sup>. After 150 days of cold storage and seven days at 20°C, the highest pulp firmness was obtained with the application of 625nL L<sup>-1</sup> followed by the reapplication of 312 and 625nL L<sup>-1</sup>. The highest titratable acid was obtained with the application of 625nL L<sup>-1</sup>. After 180 days at 0,5°C and seven days at 20°C, the treatments with the application of 625nL L<sup>-1</sup> showed the highest pulp firmness and titratable acid. The treatments with application of 625nL L<sup>-1</sup> showed the smallest value to respiration and to ethylene production. The application of*

*625nL L<sup>-1</sup> maintain the postharvest quality of 'Gala' apples without the necessity of reapplication during the cold storage.*

*Key words: Ethylene, hormone, **Malus domestica** Borkh.*

## REFERÊNCIAS

- ARGENTA, C.L. Impacto do 1-MCP (1-metilciclopropeno) sobre a conservação da qualidade de maçãs e pêras. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO,3, 2000, Fraiburgo, SC. **Anais...** Fraiburgo,2000 p. 129-133.
- BANGERTH, F. The effect of ethylene on the physiology of ripening of apple fruits at hipobaric conditions. In: **FACTEURS ET RÉGULATION DE LA MATURATION DES FRUITS**, 1974, Paris : Colloques internationaux du Centre National de la Recherche Scientifique, n. 238, p. 183-188, 1975.
- BENDER, R.J. Frigoconservação de maçã: a atmosfera controlada. **Agropecuária Catarinense**,Florianópolis,v.22, n.1, p.56-57, 1989.
- BLANKENSHIP, S.M.; DOLE, J.M. 1-Methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, v.28, p.1-25, 2003.
- BLANKENSHIP, S.M.; SISLER, E.C. Ethylene binding changes in apple and morning glory during ripening and senescence. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v. 8, p. 37-44, 1989.
- BORTOLUZZI, G. **Efeito das temperatura de armazenamento e condições de atmosfera controlada sobre a qualidade da maçã 'Fuji'**. Santa Maria, RS: UFSM, 1997. 93f. Dissertação Mestrado.
- BRAMLAGE, W.J. Effects of aminoethoxyvinylglycine on internal ethylene concentrations and storage of apples. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, Alexandria, v. 105, n. 6, p. 847-851, 1982.
- BURG, S.P. The physiology of ethylene formation. **Annual Review of Plant Physiology**, Palos Alto, v. 13, p. 265-302, 1962.
- DEEL, J.R.; MURR, D.P.; PORTEOUS, M.D. et al. Influence of temperature and duration of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment on apple quality. **Postharvest Biology and Technology**, v.24, p.349-353, 2002.
- DONG, L.; LURIE, S.; ZHOU, H., Effect of 1methylcyclopropene on ripening of 'Canino' apricots and 'Royal Zee' plums. **Postharvest Biology and Technology**, v.24, p.135-145, 2002.
- DOVER, C.J. Effects of ethylene removal during storage of Bramley's Seedling. In: BLANKENSHIP, S.M. (ed.). **Controlled atmospheres for storage and transport of perishable agricultural commodities**. Raleigh,1985. p.374-393.
- FAN, X.; BLANKENSHIP, S. M.; MATTHEIS, J. P. 1-Methylcyclopropene inhibits apple ripening. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 124, n. 6, p. 690-695, 1999.
- FIDLER, J.C.; NORTH, C.J. The effect of conditions of storage on the respiration of apples. II. The effect on the relationship between loss of respirable substrate and the formation of end products. **Journal of Horticultural Science**, Ashford,v.42, p.207-213, 1967.
- GRIERSON, D. Senescence in fruits. **HortScience**, Alexandria, v. 22, n. 5, p. 859-862, 1987.
- JIANG, Y.; JOYCE, D. C.; MACNISH, A. J. Extension of the shelf life of banana fruit by 1-methylcyclopropene in

- combination with polyethylene bags. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.16, p. 187-193, 1999.
- KNEE, M. Ripening of apples during storage: III - changes in chemical composition of Golden Delicious apples during the climacteric and under conditions simulating commercial storage practice. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 22, p. 371-377, 1976.
- LAU, O. L.; LIU, Y.; YANG, S.F. Effects of fruit detachment on ethylene biosynthesis and loss of flesh firmness, skin color, and starch in ripening Golden Delicious apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 111, p. 731-734, 1986.
- LELIEVRE, J. Ethylene and fruit ripening. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 101, p. 727-739, 1997.
- LIDSTER, P.D.; LIGHTFOOT, H.J.; McRAE, K.B. Fruit quality and respiration of 'McIntosh' apples in response to ethylene, very low oxygen and carbon dioxide storage atmospheres. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 20, p. 71-83, 1983.
- MIR, N. A.; BEAUDRY, R. M. Use of 1-MCP to reduce the requirement for refrigeration and modified-atmospheres in the storage of apple fruit. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON POSTHARVEST SCIENCE, Jerusalem, 2000. **Abstracts...**, Jerusalem, Israel, ISHS/ARO, 2000. p. 23
- RHODES, M.J.C. The maturation and ripening of fruits. In: THIMANN, K.V. (ed.). **Senescence in Plants**. Boca Raton : CRC Press, Florida, 1980. p. 157-205.
- SEREK, M.; SISLER, E.C.; REID, M.S. 1-methylcyclopropene, a novel gaseous inhibitor of ethylene action, improves the life of fruit, cut flowers and potted plants. **Acta Horticulturae**, New Orleans, n.394, p.337- 345, 1995 .
- SISLER, E.C. Ethylene binding components in plants. In: A.K. Mattoo and J.C. Suttle (eds.). **The plant hormone ethylene**. CRC Press, Boca Raton, Fla., 1991. p.81-99.
- SISLER, E.C.; SEREK, M. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent developments. **Plant Physiology**, v.100, p.577-582, 1997.
- VAN SCHAIK, A.C.R.; BOERRIGTER, H.A.M. The effects of low ethylene storage in 1% and 3% oxygen on the quality of apples cv. Belle de Boskoop. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 258, p. 69-79, 1989.
- WATKINS, C.B.; NOCK, J.F.; WHITAKER, B.D. Responses 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**, v.19, p.17-32, 2000.
- WILLS, R.H.H. Introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables. **Postharvest**, London, p.162, 1981.
- YAHIA, E.H. Odor-active volatiles in McIntosh apples stored in simulated low-ethylene controlled atmosphere. In: BLANKENSHIP, S.M. (ed.). **Controlled atmospheres for storage and transport of perishable agricultural commodities**. Raleigh, 1985. p. 70-81.
- YAMASHITA, I. Development of CA storage facilities for vegetables. **Japan Agriculture Research Quarterly**, Tsukuba, v.28, n.3, p.185-194, 1994.
- YANG, S.F.; HOFFMAN, N.E. Ethylene biosynthesis and regulation in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.35, p.155-189, 1984.