

# EFEITO DA REDUÇÃO NOS NÍVEIS DE ETILENO E DA UMIDADE RELATIVA NO ARMAZENAMENTO DE MAÇÃ 'GALA' EM ATMOSFERA CONTROLADA<sup>1</sup>

AURI BRACKMANN<sup>2</sup> e MARCELO CERETTA<sup>3</sup>

**RESUMO** - Maçãs da cultivar Gala foram armazenadas durante oito meses em atmosfera controlada com 1 kPa O<sub>2</sub>/3 kPa CO<sub>2</sub>, a 1°C, com o objetivo de avaliar o efeito da redução na umidade relativa do ar e de baixos níveis de etileno sobre a qualidade dos frutos. Os tratamentos foram combinações de níveis de umidade relativa e concentrações de etileno. A umidade relativa do ar foi mantida em torno de 97% para os tratamentos com alta umidade relativa, e em torno de 94% para aqueles com umidade reduzida nos dois meses iniciais e finais de armazenamento. Os tratamentos com baixos níveis de etileno consistiram de concentrações de 0,0 a 1,0 µL/L e de 0,0 a 1,5 µL/L, enquanto o tratamento sem absorção apresentava em torno de 100 µL/L. Após oito meses de armazenamento, a redução da umidade relativa a 94%, nos dois meses iniciais, ou para os dois finais, do armazenamento proporcionou firmeza de polpa mais elevada, porém com maior murchamento tanto na abertura das câmaras como após sete dias de exposição dos frutos à temperatura ambiente. A degenerescência interna e a coloração mais amarelada da epiderme foram constatadas com reduzida umidade relativa dos frutos à temperatura ambiente. A absorção de etileno manteve a firmeza da polpa sensivelmente mais elevada, a coloração da epiderme mais verde e a maior suculência dos frutos após oito meses de armazenamento.

Termos para indexação: conservação, firmeza de polpa.

## EFFECT OF ETHYLENE LEVELS AND RELATIVE HUMIDITY ON THE STORABILITY OF 'GALA' APPLE IN CONTROLLED ATMOSPHERE

**ABSTRACT** - 'Gala' apples were stored in controlled atmosphere with 1 kPa O<sub>2</sub>/3 kPa CO<sub>2</sub> at 1°C, with the aim to evaluate the effect of relative humidity (RH) and ethylene removal on fruit quality. Treatments were combinations of ethylene concentration and levels of RH. The relative humidity was maintained around 97% for treatments with high relative humidity and around 94% for treatments with low RH during the two initial and two last months of storage. The treatments with low ethylene concentration were maintained with 0.0 to 1.0 µL/L and 0.0 to 1.5 µL/L whereas the treatment without ethylene removal had about 100 µL/L. After eight months of storage, lowering relative humidity to 94%, during two initial and last storage months showed higher flesh firmness, however with more shriveling at chamber opening and after seven days shelf-life. Internal breakdown and yellowing of fruits were observed with low RH after shelf-life. Ethylene removal maintained higher flesh firmness and retained green ground color and juiciness of fruits after eight months of storage.

Index terms: conservation, flesh firmness.

## INTRODUÇÃO

Em virtude do grande volume de produção de maçã 'Gala' no Brasil, há necessidade de armazenamento de parte da safra para regular a oferta

durante o ano. Quando o período de armazenamento é prolongado, os frutos apresentam perda de firmeza da polpa e suculência, ficando com textura farinhenta e podendo também manifestar rachadura dos frutos. O armazenamento refrigerado (AR) é a forma mais utilizada, atualmente, pelas empresas produtoras de maçã, e essa técnica permite apenas três meses de conservação. Após esse período, ocorrem problemas de ordem fisiológica e sanitária, que depreciam a qualidade dos frutos. A rápida perda da qualidade está relacionada com os altos índices de

<sup>1</sup> Aceito para publicação em 28 de maio de 1999.

<sup>2</sup> Eng. Agr., Dr., Prof. Adjunto, Dep. de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), CEP 97119-900 Santa Maria, RS. E-mail: brakman@creta.ufsm.br

<sup>3</sup> Eng. Agr., Dep. de Fitotecnia, UFSM. Bolsista da FAPERGS.

produção de etileno e a alta taxa respiratória dos frutos dessa cultivar (Brackmann, 1992). No armazenamento em atmosfera controlada (AC), a redução da concentração de O<sub>2</sub> e o aumento da concentração de CO<sub>2</sub> reduzem a respiração e prolongam sensivelmente o período de conservação dos frutos, porém ainda podem apresentar degenerescência e rachadura da polpa.

A degenerescência da polpa, em maçãs armazenadas em ambiente refrigerado, pode ser causada por altos níveis de umidade relativa (UR) (Martin et al., 1967; Porrit & Meheriuk, 1973), responsáveis pela ocorrência de podridões (Schwarz, 1994). A incidência de degenerescência do miolo (*core flush*) aumenta com níveis de umidade relativa acima de 90% (Forsyth & Eaves, 1975) e, segundo Lidster (1990), a degenerescência da polpa da cultivar McIntosh aumenta com UR entre 96% e 100%, podendo também ocasionar o surgimento de rachaduras da epiderme (Ebert, 1984). Por sua vez, a umidade relativa do ar não deve permanecer muito baixa, pois, além da perda de peso, prejudica a aparência, pelo murchamento, e causa perdas nutricionais (Kader, 1986). Diminui também a porosidade da epiderme e, conseqüentemente, causa desordens fisiológicas pelo acúmulo de CO<sub>2</sub> interno (Ebert, 1984).

Há muito tempo que se conhece o envolvimento do etileno no amadurecimento de frutos, e ele é considerado o seu principal agente acelerador. Entre as cultivares de maçã, os frutos da 'Gala' estão entre os que produzem alta quantidade de etileno (Brackmann, 1992). Os frutos de algumas cultivares mantiveram maior firmeza da polpa com a redução do etileno durante o armazenamento, como no caso das cultivares Golden Delicious (Stoll et al., 1975), Cox's Orange Pippin (Knee & Ratnayake, 1977) e McIntosh (Liu, 1985). Outra vantagem da redução do etileno foi constatada por Little & Pegg (1987), que obtiveram menor ocorrência de degenerescência interna de maçãs. Além disso, a eliminação do etileno retarda o processo de amadurecimento, atrasando a senescência dos frutos (Yahia et al., 1985). O etileno também acelera a degradação das clorofilas (Kader, 1985).

Tendo em vista o grande potencial nacional de armazenamento em atmosfera controlada e a neces-

sidade de oferta de maçã 'Gala', de boa qualidade, por um período mais prolongado, o presente trabalho objetivou avaliar o efeito da umidade relativa do ar e da redução do teor de etileno sobre a qualidade de maçã cultivar Gala, visando aumentar o período de armazenamento.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em 1996, no Núcleo de Pesquisa em Pós-colheita (NPP) do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Foram utilizados frutos procedentes de um pomar comercial da empresa Rasip, localizada em Vacaria, RS. Os frutos foram colhidos no ponto de maturação normalmente utilizado pela empresa para o armazenamento comercial em atmosfera controlada, com índice iodo-amido em 3,7 e firmeza de polpa em 86,6 N. Ainda na empresa, os frutos foram classificados, sendo utilizados os calibres de 135 e 150, o que equivale a 135 e 150 frutos por caixa de 18 kg, respectivamente. Em Santa Maria, foi realizada uma seleção eliminando-se os frutos com lesões ou defeitos.

Os frutos foram submetidos a um resfriamento por 12 horas, e transferidos para o armazenamento em câmaras de atmosfera controlada (volume de 232 L) com temperatura de 1°C e 1 kPa O<sub>2</sub>/3 kPa CO<sub>2</sub>. Os tratamentos consistiram de combinações de concentrações de etileno e níveis de umidade relativa.

A instalação da atmosfera nas câmaras foi realizada através da injeção de nitrogênio, proveniente de cilindros de alta pressão, até a obtenção do nível de oxigênio preestabelecido (1 kPa O<sub>2</sub>). A concentração de 3 kPa de CO<sub>2</sub> foi obtida pela injeção deste gás nas microcâmaras. Para a manutenção constante dos níveis de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>, que continuamente se modificavam em função do processo respiratório dos frutos, foi realizada diariamente uma análise e correção das concentrações com o auxílio de analisadores eletrônicos de fluxo contínuo. Esses analisadores revelam as concentrações dos gases em porcentagem, porém os valores foram expressos em quilopascal, sendo 1% equivalente a 0,98 kPa. O CO<sub>2</sub> em excesso foi absorvido com uma solução de hidróxido de potássio, pela qual foram circulados os gases das microcâmaras. O O<sub>2</sub> consumido pela respiração dos frutos foi compensado com a injeção de ar nas câmaras.

Os tratamentos com diferentes níveis de umidade relativa do ar consistiram na manutenção destes em 97% e 94%, sendo este último aplicado nos dois meses iniciais, ou nos dois meses finais de diferentes tratamentos. A redução da UR foi obtida mediante aplicação de cloreto de

cálcio no interior das câmaras, para absorção da umidade. A leitura desse parâmetro foi feita por psicrômetro hermético, ligado à câmara de AC.

Para a redução do etileno, foram usados filtros contendo vermiculita impregnada com permanganato de potássio, a qual foi renovada a cada 15 dias. Os gases das câmaras foram continuamente circulados pelos filtros com uma bomba de ar com fluxo de 240 L h<sup>-1</sup>, durante todo o período de armazenamento. As diferentes concentrações de etileno foram obtidas com o uso de maior ou menor número de frutos por câmara ou seja, três caixas de 20 kg cada no tratamento com 0,0 a 1,5 µL/L e duas caixas no tratamento com 0,0 a 1,0 µL/L, utilizando-se frutos semelhantes para os dois tratamentos. As concentrações de etileno foram determinadas por cromatógrafo a gás, equipado com uma coluna Porapak N 80/100 e detector de ionização de chama (FID).

Antes do armazenamento, foram realizadas análises físico-químicas de firmeza de polpa, sólidos solúveis totais, acidez titulável, cor de fundo da epiderme e teste de iodo-amido, cujos resultados podem ser vistos na Tabela 1. Na abertura das câmaras, após oito meses de armazenamento, foram realizadas outras análises utilizando-se a metade dos frutos, após o aquecimento em temperatura ambiente durante três horas. A outra metade permaneceu em temperatura ambiente ( $\pm 24^{\circ}\text{C}$ ) por sete dias, a fim de simular o período de beneficiamento e comercialização. Foi avaliada a firmeza de polpa, utilizando-se um penetrômetro motorizado com ponteira de 11 mm de diâmetro, e os valores expressos em newtons (N). Os teores de sólidos solúveis totais (SST) foram determinados por refratometria, sendo os valores expressos

em graus Brix. Para a acidez titulável, coletou-se 10 mL de suco, de uma amostra de 30 frutos de cada repetição que, após diluída em 100 mL de água, foi titulada com NaOH 0,1N, tendo como indicador a fenolftaleína. Foram considerados murchos os frutos visivelmente enrugados e aqueles que, com aperto de mão, apresentavam sintomas nítidos de murchamento na região peduncular. A podridão e a rachadura foram determinadas por meio da contagem dos frutos que apresentavam lesões de ataque de patógenos e epiderme e/ou polpa rachados, respectivamente. A degenerescência interna foi avaliada por meio da contagem dos frutos que apresentavam qualquer tipo de sintoma de escurecimento da polpa. A coloração de fundo da epiderme foi determinada com o auxílio de uma tabela de cores, elaborada no Núcleo de Pesquisa Pós-colheita da UFSM, com índices que variam de 1 (verde) até 10 (amarelo), conforme metodologia descrita por Oster (1995). Para avaliar o teor de amido, seguiu-se metodologia de Streif (1984), que utiliza uma tabela de fotografias, com índice um para o teor máximo de amido e o índice dez para o amido totalmente hidrolisado.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com três repetições, sendo a unidade experimental composta por 30 frutos. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância. Para a comparação entre as médias, adotou-se o teste de Duncan, a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na abertura das câmaras (Tabela 1), os valores de firmeza da polpa foram mais elevados no trata-

**TABELA 1. Qualidade de maçãs 'Gala' após oito meses de armazenamento a 1°C, em atmosfera controlada com 1 kPa O<sub>2</sub> e 3 kPa CO<sub>2</sub>. Santa Maria, RS, 1996<sup>1</sup>.**

Tratamentos		Firmeza de polpa (N)	SST (°Brix)	Acidez (cmol/L)	Cor (índice)	Podridão (%)	Degenerescência interna (%)	Rachadura (%)	Murchamento (%)
Etileno (µL/L)	UR (%)								
100	97	65,5c	14,2a	4,44a	7,1a	10,0a	0	0	9,0b
0 - 1,5	97	71,1ab	13,6b	4,58a	7,3a	3,3a	0	0	6,9b
0 - 1,0	97	74,3a	13,9ab	4,38a	7,3a	1,1a	0	0	6,7b
100	94 e 97 <sup>2</sup>	73,2ab	14,2a	4,58a	7,1a	6,7a	0	0	58,6a
100	97 e 94 <sup>3</sup>	68,8bc	14,0ab	4,50a	7,0a	3,3a	0	0	64,4a
Na colheita <sup>4</sup>		86,6	13,0	6,29	5,3	-	-	-	-
C.V. (%)		3,5	1,6	2,7	2,4	61,6			25,6

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

<sup>2</sup> UR reduzida (94%) nos 2 meses iniciais de armazenamento.

<sup>3</sup> UR reduzida (94%) nos 2 meses finais de armazenamento.

<sup>4</sup> Índice iodo-amido: 3,7.

mento com concentração de etileno entre 0 e 1  $\mu\text{L/L}$ , porém só diferindo estatisticamente da testemunha e do tratamento com baixa UR nos dois meses finais de armazenamento. Após sete dias de exposição dos frutos à temperatura ambiente, este tratamento manteve a firmeza da polpa elevada, porém não foi maior do que o com baixa UR nos dois meses finais de armazenamento. Blanpied (1985, 1986) também obteve firmeza da polpa mais elevada, com concentração de etileno mantida abaixo de 1  $\mu\text{L/L}$ . O uso de umidade relativa reduzida no início do armazenamento levou a maiores valores da firmeza da polpa devido à desidratação dos frutos e aumento da rigidez dos tecidos.

Em relação aos SST (Tabelas 1 e 2) os valores só foram mais elevados nos tratamentos com redução da UR durante o período inicial ou final do armazenamento e após sete dias de exposição à temperatura ambiente, possivelmente, pela perda de água e concentração dos açúcares nos frutos. Nos tratamentos com baixa concentração de etileno, os SST foram menores na abertura das câmaras (Tabela 1), provavelmente em virtude da desaceleração do processo de maturação dos frutos e a conseqüente hidrólise do amido e liberação de açúcares.

A acidez titulável e a incidência de rachaduras não foram influenciadas pela UR e pela concentração de etileno na câmara. A não-ocorrência de rachaduras, em qualquer dos tratamentos, foi provavelmente causada pelo rápido resfriamento e instalação da atmosfera nas câmaras de AC, o que não

tornou possível avaliar o efeito da baixa UR sobre este parâmetro.

Não houve diferença na coloração de fundo da epiderme dos frutos, quando avaliada na abertura das câmaras (Tabela 1), mas após sete dias em temperatura ambiente (Tabela 2), os tratamentos com baixo etileno, proporcionaram frutos com coloração de fundo mais verde, confirmando que a exposição dos frutos ao etileno diminui o potencial de armazenamento e acelera a degradação das clorofilas (Kader, 1985). Stow (1986) também obteve coloração de fundo mais verde na cultivar Cox's Orange Pippin com eliminação de etileno, permanecendo tais efeitos inclusive após 14 dias de armazenamento refrigerado a 10°C, posteriores à saída dos frutos de câmaras AC. Os tratamentos com UR reduzida foram os que apresentaram índices mais elevados de coloração de fundo, entretanto não diferiram estatisticamente do tratamento testemunha (Tabela 2), demonstrando que a desidratação acelera a degradação da clorofila.

Com relação às podridões, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos por ocasião da abertura das câmaras (Tabela 1). O tratamento com etileno entre 0,0 e 1,0  $\mu\text{L/L}$  apresentou valores mais baixos de podridões, porém, não diferindo estatisticamente dos demais. Essa baixa incidência de podridões não se manteve após sete dias de exposição dos frutos à temperatura ambiente (Tabela 2), quando houve um aumento na incidência de podridões em todos os tratamentos, ocasionado

**TABELA 2. Qualidade de maçãs cultivar Gala após oito meses de armazenamento a 1°C, em atmosfera controlada, com 1 kPa O<sub>2</sub> e 3 kPa CO<sub>2</sub>, mais sete dias de exposição dos frutos à temperatura ambiente ( $\pm 24^\circ\text{C}$ ). Santa Maria, RS, 1996<sup>1</sup>.**

Tratamentos		Firmeza de polpa (N)	SST ( $^\circ\text{Brix}$ )	Acidez (cmol/L)	Cor (índice)	Podridão (%)	Degenerescência interna (%)	Rachadura (%)	Murchamento (%)
Etileno ( $\mu\text{L/L}$ )	UR (%)								
100	97	61,8b	14,3b	4,27a	8,8a	12,2c	0,0a	0	21,7ab
0 - 1,5	97	68,9a	14,3b	4,33a	8,1b	16,1bc	0,0a	0	8,0b
0 - 1,0	97	70,6a	14,5b	4,30a	8,2b	26,7a	0,0a	0	24,6ab
100	94 e 97 <sup>2</sup>	71,4a	14,8a	4,30a	9,0a	22,2ab	2,3a	0	38,9a
100	97 e 94 <sup>3</sup>	69,3a	14,9a	4,23a	9,1a	10,0c	1,1a	0	25,6a
C.V. (%)		3,2	1,5	2,3	3,4	14,9	67,7		25,8

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

<sup>2</sup> UR reduzida (94%) nos 2 meses iniciais de armazenamento.

<sup>3</sup> UR reduzida (94%) nos 2 meses finais de armazenamento.

pela aceleração do processo de amadurecimento. O tratamento com UR reduzida no final do período de armazenamento (Tabela 2) foi o que teve menor índice de podridão, apesar de não diferir do tratamento com alta UR, concordando com Johnson (1976) e Schwarz (1994), que afirmam ocorrer um maior desenvolvimento de podridão em alta UR e contrariando os resultados obtidos por Childers (1975), que encontrou menor contaminação de fungos quando a UR está entre 90% e 95%, em baixa temperatura.

Não foi observada ocorrência de degenerescência interna por ocasião da abertura das câmaras (Tabela 1), entretanto, após sete dias de exposição dos frutos à temperatura ambiente (Tabela 2), os frutos submetidos à UR reduzida apresentaram mais danos, mas não diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. Tais resultados talvez possam ser explicados pela diminuição da porosidade da epiderme em umidade reduzida, que pode ocasionar o acúmulo de CO<sub>2</sub> interno e provocar distúrbios como a degenerescência do miolo da maçã (*core flush*) (Johnson, 1976; Ebert, 1984). Os tratamentos com alta UR não apresentaram degenerescência (Tabelas 1 e 2), contradizendo Forsyth & Eaves (1975) e Lidster (1990), que atribuíram a degenerescência à alta UR na câmara durante o armazenamento.

Neste trabalho não foi observada rachadura de frutos (Tabelas 1 e 2), que geralmente é acompanhada de polpa farinhenta. Segundo Perring & Pearson (1988) e Schwarz (1994), as maçãs quando armazenadas em alta UR estão sujeitas à ocorrência de rachaduras da epiderme causada pelo aumento do volume. Entretanto, Brackmann & Saquet (1995) afirmam que esse dano deve-se ao amadurecimento avançado dos frutos em decorrência das condições de armazenamento, e não à alta UR do ar.

A redução da UR para aproximadamente 94%, nos primeiros ou nos últimos dois meses de armazenamento, ocasionou um murchamento muito elevado nos frutos por ocasião da abertura das câmaras (Tabela 1), enquanto após sete dias de exposição dos frutos à temperatura ambiente a redução do teor de etileno na câmara reduziu o murchamento dos frutos, provavelmente pela redução da atividade respiratória e conseqüente redução na produção de calor, que, por sua vez, diminui a transpiração e o

murchamento. Após sete dias ao ambiente, o tratamento com 0,0 a 1,5 µL/L de etileno apresentou o menor murchamento, enquanto o tratamento com 0,0 a 1,0 µL/L apresentou elevado índice de murchamento, provavelmente devido ao maior índice de podridão (Tabela 2).

Analisando todos os resultados obtidos, percebe-se que os tratamentos com baixa concentração de etileno, na condição de 1°C e 1 kPa O<sub>2</sub>/3 kPa CO<sub>2</sub> em alta UR, proporcionaram a melhor manutenção da qualidade da maçã 'Gala', durante o período de oito meses de armazenamento.

## CONCLUSÕES

1. As baixas concentrações de etileno durante o armazenamento, por oito meses, dos frutos de maçã 'Gala', em atmosfera controlada com 1 kPa O<sub>2</sub>/3 kPa CO<sub>2</sub>, a 1°C, mantêm a firmeza da polpa elevada e a coloração de fundo da epiderme mais verde.

2. A condição de alta umidade relativa (97%), mesmo com alto etileno, não causa degenerescência interna nem rachaduras nos frutos, e proporciona menor murchamento.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e à empresa Rasip, pelo financiamento deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- BLANPIED, G.D. Low-ethylene CA storage for 'Empire' apples. In: BLANKENSHIP, S.M. (Ed.). Controlled atmospheres for storage and transport of perishable agricultural commodities. NATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, 4., 1985, Raleigh. **Proceedings**. Raleigh: North Carolina State University, 1985. p.95-102.
- BLANPIED, G.D. A study of the relationship between fruit internal ethylene concentration and post-storage fruit quality of cv. Empire apples. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.61, p.465-470, 1986.



- BRACKMANN, A. Produção de etileno, CO<sub>2</sub> e aroma de cultivares de maçã. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.14, n.1, p.103-108, 1992.
- BRACKMANN, A.; SAQUET, A.A. Armazenamento da maçã cv. Gala em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.1, n.2, p.55-60, 1995.
- CHILDERS, N.F. **Modern fruit science**. Somerville: Somerset, 1975. 976p.
- EBERT, A. Distúrbios fisiológicos. In: EMPASC (Florianópolis, SC). **Palestras do II curso sobre a cultura da macieira**. Caçador: EMPASC, 1984. p.129-134.
- FORSYTH, F.R.; EAVES, C.A. Ripening of apples in C.A. storage, low or high ethylene levels and medium or high humidity levels. In: COLLOQUES INTERNATIONAUX DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE, 1974, Paris. **Facteurs et régulation de la maturation des fruits**. Paris: Centre National de la Recherche Scientifique, 1975. p.67-72.
- JOHNSON, D.S. Effect of humidity on the storage quality of Bramley's seedling. **Report East Malling Research Station for 1975**, Maidstone, p.78-79, 1976.
- KADER, A.A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v.40, n.5, p.99-104, 1986.
- KADER, A.A. Ethylene-induced senescence and physiological disorders in harvested horticultural crops. **HortScience**, Alexandria, v.20, n.1, p.54-56, 1985.
- KNEE, M.; RATNAYAKE, M. Ethylene removal during apple storage. **Report East Malling Research Station for 1976**, Maidstone, p.93-95, 1977.
- LIDSTER, P.D. Storage humidity influences fruit quality and permeability to ethane in 'McIntosh' apples stored in diverse controlled atmospheres. **American Society for Horticultural Science. Journal**, Alexandria, v.114, n.1, p.94-96, 1990.
- LITTLE, C.R.; PEGGIE, J.D. Storage injury of pome fruit caused by stress levels of oxygen, carbon dioxide, temperature and ethylene. **HortScience**, Alexandria, v.22, p.782-790, 1987.
- LIU, F.W. Low ethylene controlled atmosphere storage of McIntosh apples. In: ROBERTS, J.A.; TUCKER, G.A. (Eds.). **Ethylene and plant development**. London: Butterworths, 1985. p.385-392.
- MARTIN, D.; LEWIS, T.L.; CERNY, J. Nitrogen metabolism during storage in relation to breakdown of apples. I. Changes in protein nitrogen level in relation to incidence. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v.18, n.2, p.271-278, 1967.
- OSTER, A.H. **Frigoconservação em atmosfera normal e controlada de maçã 'Golden Delicious'**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1995. 106p. Tese de Mestrado.
- PERRING, M.A.; PEARSON, K. Physical changes in stored apples. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Barking, v.44, n.2, p.1993-2000, 1988.
- PORRIT, S.W.; MEHERIUK, M. Influence of storage humidity and temperature on breakdown in spartan apples. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.53, n.3, p.597-599, 1973.
- SCHWARZ, A. Relative humidity in cool stores: measurement, control and influence of discreet factors. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.2, n.368, p.687-692, 1994.
- STOLL, K.; HAUSER, F.; DÄTWYLER, D. Maturation des pommes en chambre froide a atmosphère contrôlée sous l'influence d'une réduction du taux de l'éthylène. In: COLLOQUES INTERNATIONAUX DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE, 1974, Paris. **Facteurs et régulation de la maturation des fruits**. Paris: Centre National de la Recherche Scientifique, 1975. p.81-85.
- STOW, J. Effects of rate of establishment of storage conditions and ethylene removal on the storage performance of 'Cox's orange Pippin' apples. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.28, p.369-378, 1986.
- STREIF, J. Jod-Stärke-Test zur Beurteilung der Fruchtreife bei Äpfeln. **Obst und Garten**, Stuttgart, n.8, p.382-384, 1984.
- YAHIA, E.H.; LIU, F.W.; ACREE, T.E. Odor active volatiles in 'McIntosh' apples stored in simulated low ethylene controlled atmosphere. In: NATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, 4., 1985, Raleigh. **Proceedings**. Raleigh: North Carolina State University, 1985. v.1, p.70-81.