

## CONTROLE DA DEGENERESCÊNCIA DA POLPA DA MAÇÃ FUJI COM CONCENTRAÇÕES DINÂMICAS DE O<sub>2</sub> E CO<sub>2</sub> E REDUÇÃO DA UMIDADE RELATIVA DURANTE O ARMAZENAMENTO EM ATMOSFERA CONTROLADA

### CONTROL OF FLESH BREAKDOWN ON FUJI APPLE WITH DYNAMIC O<sub>2</sub> AND CO<sub>2</sub> CONCENTRATIONS AND LOW RELATIVE HUMIDITY DURING CONTROLLED ATMOSPHERE STORAGE

Auri Brackmann<sup>1</sup> Gláucia Bortoluzzi<sup>2</sup> Leandro Bortoluzzi<sup>3</sup>

#### RESUMO

O experimento teve como objetivo avaliar a influência da umidade relativa do ar (UR) e das concentrações dinâmicas de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> sobre a ocorrência de degenerescência da polpa e sobre a qualidade da maçã cv. Fuji após oito meses em atmosfera controlada (AC). Os frutos foram armazenados a 0,5°C, em condições de 1,5% de O<sub>2</sub> + 0,5% de CO<sub>2</sub>, a 97% de UR (tratamento 1) e 92% de UR (tratamento 2) durante oito meses. Para o armazenamento em AC dinâmica, os frutos foram mantidos em condições de 0,5% de O<sub>2</sub> + 0,5% de CO<sub>2</sub> durante os quatro meses iniciais (tratamento 3) e finais (tratamento 4) de armazenamento e de 1,5% de O<sub>2</sub> + 4% de CO<sub>2</sub> durante os quatro meses iniciais (tratamento 5) e finais (tratamento 6) de armazenamento. Os frutos dos tratamentos 4 e 6 e dos tratamentos 3 e 5 foram mantidos no período inicial e final do armazenamento, respectivamente, em 1,5% de O<sub>2</sub> + 0,5% de CO<sub>2</sub>. As avaliações foram realizadas no dia da saída dos frutos das câmaras e após os frutos permanecerem por nove dias em armazenamento refrigerado (sem controle da atmosfera), a 0,5°C e mais cinco dias à temperatura ambiente. A redução da concentração de O<sub>2</sub> de 1,5% para 0,5%, em 0,5% de CO<sub>2</sub>, aumentou a degenerescência, principalmente quando utilizada nos meses finais do armazenamento. A elevação da concentração de 4% de CO<sub>2</sub>, nos quatro meses iniciais de armazenamento aumentou a incidência de degenerescência da polpa após exposição dos frutos à temperatura ambiente. Verificou-se que a redução da UR para 92% diminuiu significativamente a incidência de degenerescência e podridões. Os regimes de AC dinâmica não influenciaram na firmeza, SST e acidez dos frutos.

**Palavras-chave:** maçã, atmosfera controlada, degenerescência da polpa.

#### SUMMARY

The experiment was carried out to evaluate the effect of relative humidity (RH) and dynamic CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> concentrations on flesh breakdown and quality of Fuji apple, after eight months in controlled atmosphere (CA). Fruits were stored at 0.5°C in atmosphere with 1.5% O<sub>2</sub> + 0.5% CO<sub>2</sub>, 97% RH (treatment 1) and 92% RH (treatment 2) during eight months. Fruits stored in dynamic controlled atmosphere were kept in atmosphere with 0.5% O<sub>2</sub> + 0.5% CO<sub>2</sub> during four months at the beginning (treatment 3) or at the end (treatment 4) of storage and 1.5% O<sub>2</sub> + 4% CO<sub>2</sub> during four months at the beginning (treatment 5) or at the end (treatment 6) of storage. Fruits from treatments 4 and 6 and treatments 3 and 5 were kept at beginning and final of storage, respectively, in 1.5% O<sub>2</sub> + 0.5% CO<sub>2</sub>. The evaluations were done at opening of storage chambers and after nine days in cold storage and five days in shelf-life. Lowering O<sub>2</sub> concentration from 1.5% to 0.5%, in 0.5% CO<sub>2</sub>, increased breakdown, specially when used in final months of storage. Exposure to 4% CO<sub>2</sub> at the beginning of storage increased flesh breakdown incidence at shelf-life. Low RH (92%) decreased breakdown and rot incidence. Dynamic CA had no effects on flesh firmness, TSS and acidity of fruits.

**Key words:** apple, controlled atmosphere, flesh breakdown.

#### INTRODUÇÃO

No Brasil, a maçã Fuji teve uma grande aceitação pelo mercado consumidor, por apresentar excelente sabor, polpa muito crocante e suculenta,

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciências Agrárias, Professor Adjunto, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria, 97105-900 - Santa Maria, RS. Autor para correspondência. E-mail: brackman@ccr.ufsm.br

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, Mestre em Agronomia, Professor do Centro de Ciências da Educação, Comunicação e Artes/URCAMP, São Borja, RS.

<sup>3</sup>Engenheiro Agrônomo, Empresa Rubifrut, Vacaria-RS.

representando atualmente mais de 40% da produção nacional de maçãs. Além da alta qualidade, é uma maçã que se conserva muito bem em câmaras de atmosfera controlada (AC). Porém, em condições inadequadas de AC pode ocorrer alta incidência de degenerescência da polpa, que em alguns anos pode atingir até 50% da maçã armazenada (BRACKMANN & SAQUET, 1995).

A degenerescência se apresenta como um escurecimento de aspecto úmido da polpa, que ocorre na região do córtex sem atingir a epiderme e região carpelar. Em condições de armazenamento em AC, tem-se relacionado a ocorrência de degenerescência em Fuji com concentrações muito baixas de O<sub>2</sub> (MEHERIUK, 1993), altas concentrações de CO<sub>2</sub> (LITTLE & PEGGIE, 1987; BRACKMANN *et al.*, 1995) e alta umidade relativa das câmaras (BRACKMANN *et al.*, 1995).

Uma técnica que vem sendo pesquisada em cultivares sensíveis a baixos níveis de O<sub>2</sub> e alto CO<sub>2</sub> durante o armazenamento é a atmosfera controlada dinâmica, que consiste na variação destes gases durante o período de armazenamento. Conforme STREIF (1979), a redução do CO<sub>2</sub>, nos últimos meses de armazenamento, evitaria a ocorrência de distúrbios fisiológicos pela alta concentração de CO<sub>2</sub> em cultivares sensíveis.

O uso de CO<sub>2</sub> no armazenamento pode ser benéfico ou prejudicial ao fruto, dependendo da sensibilidade do tecido, concentração e período de exposição ao CO<sub>2</sub> (WATKINS 1996). Em frutos do cultivar Fuji armazenados nos dois primeiros meses em 2,5% de O<sub>2</sub> + 0% de CO<sub>2</sub> e últimos seis meses em 3% de O<sub>2</sub> + 3% de CO<sub>2</sub>, obtiveram-se menores valores de degenerescência que naqueles em 3% de O<sub>2</sub> + 3% de CO<sub>2</sub> durante os oito meses de armazenamento (BRACKMANN *et al.* 1995). A elevação do CO<sub>2</sub> de menos de 0,2% para 4% nos dois meses finais de armazenamento causou degenerescência da polpa em maçã Fuji (BORTOLUZZI, 1997).

Conforme GRAN & BEAUDRY (1993), os níveis limitantes de O<sub>2</sub> ou tóxicos de CO<sub>2</sub> provocam fermentação nos frutos, resultando na morte das células e escurecimento dos tecidos. Recentemente, BORTOLUZZI (1997) observou que a redução do O<sub>2</sub> de 1,5% para 0,7% aumentou a incidência de degenerescência da polpa neste cultivar, sendo verificados sinais de fermentação nos frutos armazenados a 0,7% de O<sub>2</sub>. Entretanto, CURRY (1989) não verificou ocorrência de degenerescência da polpa, em maçã Fuji, nas concentrações de 0,5% e 1,0% de O<sub>2</sub>.

A umidade relativa do ar (UR) é outro fator importante do armazenamento. A alta UR predispõe à ocorrência de degenerescência (WILKINSON & FIDLER, 1973), a infecções por

fungos e a rachaduras nos frutos (SCHWARZ, 1994). BRACKMANN *et al.* (1995) verificaram que a diminuição da UR de 97% para 75% proporcionou menor incidência de degenerescência na maçã Fuji.

Este trabalho objetivou avaliar a influência das concentrações dinâmicas de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> e da umidade relativa do ar das câmaras de AC sobre o desenvolvimento de degenerescência da polpa e sobre as qualidades físico-químicas da maçã Fuji.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido, durante o período de abril a dezembro de 1994, no Núcleo de Pesquisa em Pós-colheita (NPP) do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Foram utilizados frutos da cv. Fuji, procedentes de um pomar comercial de Vacaria, RS. Os frutos foram colhidos no ponto de maturação utilizado pela empresa para o armazenamento em atmosfera controlada (AC), quando apresentavam uma firmeza de polpa de 68,08 N, acidez titulável de 4,86 cmol/l e sólidos solúveis totais de 13,80°Brix..

Na seleção dos frutos, foram eliminados aqueles com lesões. As amostras foram homogeneizadas e armazenadas por 24 horas após a colheita em minicâmaras experimentais de AC, com volume de 232 litros.

O experimento constou de seis tratamentos no delineamento experimental inteiramente casualizado, com duas repetições de 30 frutos por tratamento. Os tratamentos avaliados corresponderam ao armazenamento dos frutos em condições de AC convencional: 1,5% de O<sub>2</sub> + 0,5% de CO<sub>2</sub> durante oito meses em 97% de UR (tratamento 1) e 92% de UR (tratamento 2) e, em condições de AC dinâmica: 0,5% de O<sub>2</sub> + 0,5% de CO<sub>2</sub>, nos quatro meses iniciais (tratamento 3) e quatro meses finais de armazenamento (tratamento 4); 1,5% de O<sub>2</sub> + 4,0% de CO<sub>2</sub> nos quatro meses iniciais (tratamento 5) e quatro meses finais de armazenamento (tratamento 6). Os frutos dos tratamentos 3 e 5 foram mantidos nos quatro meses finais de armazenamento em 1,5% de O<sub>2</sub> + 0,5% de CO<sub>2</sub> e aqueles dos tratamentos 4 e 6 foram mantidos, nesta mesma concentração, nos quatro meses iniciais de armazenamento. A temperatura de armazenamento, medida na polpa do fruto, foi de 0,5°C e a UR do ar permaneceu em 97%, sendo que somente o tratamento 2 foi mantido com UR de 92%.

As condições de atmosfera controlada foram obtidas, inicialmente, mediante a redução dos níveis de oxigênio com a injeção de nitrogênio nas câmaras. A concentração de gás carbônico foi obtida com a injeção deste gás nas câmaras. A manutenção

das concentrações destes gases foi realizada através da análise diária por analisadores eletrônicos de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>, marca AgriDatalog. O oxigênio consumido pela respiração foi repostado pela adição de ar e o excesso de CO<sub>2</sub> absorvido com solução de hidróxido de potássio. Para atingir níveis de CO<sub>2</sub> próximos a zero e valores de baixa umidade relativa do ar (92%), utilizaram-se, respectivamente, cal hidratada e cloreto de cálcio no interior das câmaras.

Após oito meses de armazenamento, os frutos de cada tratamento foram divididos em quatro subamostras de 30 frutos, sendo duas subamostras analisadas no dia da abertura das câmaras e duas após nove dias em armazenamento refrigerado a 0,5°C (sem controle da atmosfera) e mais cinco dias de exposição à temperatura ambiente de 28°C. Com esse período de exposição ao frio e à temperatura ambiente, procurou-se simular a classificação, embalagem e comercialização das câmaras de AC.

Os parâmetros avaliados foram: a) Firmeza da polpa: determinada utilizando-se um penetrômetro motorizado, com ponteira de 11mm de diâmetro, em dois lados opostos da região equatorial do fruto. b) Sólidos solúveis totais (SST): determinado por refratômetro manual com correção da temperatura. c) Acidez titulável: determinada em uma amostra de 10ml de suco, diluído em 100ml de água destilada, através de titulação com solução de hidróxido de sódio 0,1 N até pH 8,1 e os valores expressos em cmol/l. d) Ocorrência de podridões: frutos com lesões de diâmetro maior que 0,5cm e características típicas de ataque por patógenos foram considerados podres. Não foi realizada análise estatística para este parâmetro, uma vez que não foi contabilizado o número de frutos por repetição. e) Degenerescência da polpa: determinada em maçãs cortadas equatorialmente em fatias, através da contagem do número de frutos que apresentavam manchas escurecidas na polpa.

As médias dos parâmetros avaliados foram comparadas pelo teste de Duncan, em nível de 5% de probabilidade de erro. Para comparar condições de armazenamento com UR de 97% (tratamento 1) e UR de 92% (tra-

tamento 2), procedeu-se à análise de contrastes.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A utilização de baixa concentração de O<sub>2</sub>, no início (tratamento 3) e principalmente no final (tratamento 4) do armazenamento, não controlou a degenerescência, aumentando a sua ocorrência (tabela 1). O baixo percentual de frutos degenerescentes após exposição à temperatura ambiente (tabela 2), no tratamento em que se reduziu o O<sub>2</sub> de 1,5% para 0,5%, nos quatro meses finais, pode ser explicado pelo grande número de frutos completamente podres, o que dificultou a visualização e contagem dos frutos degenerescentes. Conforme KADER (1986), as condições de AC que induzem à degenerescência fisiológica deixam o produto mais suscetível aos patógenos.

Uma alta incidência de degenerescência da polpa, relacionada a concentrações ultrabaixas (<1,0%) de O<sub>2</sub>, foi observada neste cultivar por MEHERIUK (1993) e BORTOLUZZI (1997). Segundo GRAN & BEAUDRY (1993), a degenerescência ocorre devido à falta de O<sub>2</sub> na célula, que causa respiração anaeróbica e acúmulo de etanol e acetaldeído, provocando dano ao tecido e morte das células. Provavelmente, a baixa concentração de O<sub>2</sub>, no início do armazenamento, não estimulou a ocorrência do distúrbio do mesmo modo que no final do armazenamento, porque grande parte dos frutos colhidos se apresentava na fase pré-climatérica, com

Tabela 1 - Características físico-químicas da cv. Fuji, após oito meses de armazenamento em atmosfera controlada à temperatura de 0,5°C.

Tr.	O <sub>2</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	UR (%)	Firmeza da polpa (N)	SST (°Brix)	Acidez titulável (cmol/l)	Degener. (%)	Podres (%)
1	1,5	0,5	97	56,30a <sup>1</sup>	14,80 b	2,17 b	4,99 bc	3,42
2	1,5	0,5	92	58,03a	15,80a	2,96a	4,94 bc	0,00
3	0,5-1,5 <sup>2</sup>	0,5	97	53,68a	15,10 b	2,23 b	8,33 b	2,04
4	1,5-0,5 <sup>3</sup>	0,5	97	60,93a	15,15 b	2,24 b	26,66a	2,66
5	1,5	4-0,5 <sup>4</sup>	97	54,66a	15,00 b	2,20 b	0,00 c	2,85
6	1,5	0,5-4 <sup>5</sup>	97	55,15a	14,50 b	2,83a	0,00 c	2,04
C.V.	(%)			6,16	1,72	6,98	28,03	

<sup>1</sup>Tratamentos não seguidos pela mesma letra na coluna, diferem pelo teste de Duncan em nível de 5%.

<sup>2</sup>Utilização de 0,5% de O<sub>2</sub> nos quatro meses iniciais e <sup>3</sup>quatro meses finais do armazenamento. No restante do período, os frutos foram armazenados em 1,5% de O<sub>2</sub>.

<sup>4</sup>Utilização de 4% de CO<sub>2</sub> nos quatro meses iniciais e <sup>5</sup>quatro meses finais do armazenamento. No restante do período, os frutos foram armazenados em 0,5% de CO<sub>2</sub>.

Tabela 2 - Características físico-químicas da cv. Fuji, após oito meses de armazenamento em atmosfera controlada a 0,5°C, nove dias em armazenamento refrigerado e cinco dias à temperatura ambiente.

Tr.	O <sub>2</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	UR (%)	Firmeza da polpa (N)	SST (°Brix)	Acidez titulável (cmol/l)	Degener. (%)	Podres (%)
1	1,5	0,5	97	52,53a <sup>1</sup>	14,50 b	1,86 b	19,72ab	3,42
2	1,5	0,5	92	53,96a	15,30a	2,19a	4,00 c	0,00
3	0,5-1,5 <sup>2</sup>	0,5	97	52,79a	14,70 b	2,04ab	16,00ab	3,47
4	1,5-0,5 <sup>3</sup>	0,5	97	57,64a	14,70 b	2,05ab	10,66 b	15,52
5	1,5	4-0,5 <sup>4</sup>	97	54,60a	14,80ab	2,08ab	26,86a	7,40
6	1,5	0,5-4 <sup>5</sup>	97	56,49a	14,30 b	2,26a	18,51ab	7,75
C.V.	(%)			4,04	1,52	4,60	26,30	

<sup>1</sup>Tratamentos não seguidos pela mesma letra na coluna, diferem pelo teste de Duncan em nível de 5%.

<sup>2</sup>Utilização de 0,5% de O<sub>2</sub> nos quatro meses iniciais e <sup>3</sup>quatro meses finais do armazenamento. No restante do período, os frutos foram armazenados em 1,5% de O<sub>2</sub>.

<sup>4</sup>Utilização de 4% de CO<sub>2</sub> nos quatro meses iniciais e <sup>5</sup>quatro meses finais do armazenamento. No restante do período, os frutos foram armazenados em 0,5% de CO<sub>2</sub>.

baixa taxa de respiração. Porém, no final do armazenamento, os frutos deviam apresentar maior taxa de respiração, quando a falta de O<sub>2</sub> foi mais prejudicial.

Não foi observada ocorrência de degenerescência nos frutos armazenados sob concentrações de 4% de CO<sub>2</sub>, nos quatro meses iniciais e finais de armazenamento, na saída dos frutos das câmaras (tabela 1). Entretanto, verificou-se uma alta incidência do distúrbio, principalmente nos frutos expostos durante os quatro primeiros meses em alto CO<sub>2</sub>, após nove dias em AR e mais cinco dias a 28°C (tabela 2), demonstrando que a sensibilidade ao CO<sub>2</sub> é maior no início que no final do período de armazenamento. Estes resultados contrariam STREIF (1979) quando afirmou que para diminuir injúrias provocadas por CO<sub>2</sub>, em cultivares sensíveis, deve-se reduzir a concentração deste gás nos últimos meses de armazenamento.

A alta susceptibilidade da maçã Fuji ao CO<sub>2</sub> também foi verificada por LITTLE & PEGGIE (1987) e BRACKMANN *et al.* (1995). Segundo MOONING (1983), a injúria por CO<sub>2</sub>, que ocorre em maçãs armazenadas, tem como causa o acúmulo de ácido succínico nos tecidos, devido à inibição do succinato desidrogenase. Para GRAN & BEAUDRY (1993), o escurecimento do tecido ocorre porque níveis tóxicos de CO<sub>2</sub> provocam respiração anaeróbica, semelhante àquela provocada pelo baixo O<sub>2</sub>. Segundo BAUMANN & HENZE (1983), a tolerância dos cultivares de maçã ao alto CO<sub>2</sub> pode ser correlacionada ao espaço intercelular dos frutos, que

regula as trocas gasosas. Portanto, a sensibilidade da cv. Fuji pode estar relacionada a um reduzido volume de espaço intercelular, que dificultaria a eliminação de CO<sub>2</sub>. Este gás se acumularia no tecido, causando toxicidade pela alta concentração. Entretanto, no final do armazenamento, a turgescência do fruto diminuiria, em função da perda de água pela transpiração, facilitando a eliminação do CO<sub>2</sub> e reduzindo a sensibilidade a este gás. Porém, são necessários estudos mais detalhados para comprovar esta hipótese.

A condição em que se reduziu a UR do ar para 92% (tratamento 2) propiciou os menores percentuais de frutos degenerescentes, comparada à UR de 97% (tratamento 1), o que foi significativo

pela análise da variância e de contrastes, após exposição dos frutos à temperatura ambiente (tabela 2). Este resultado comprova a afirmação de WILKINSON & FIDLER (1973), de que a alta UR predispõe ao desenvolvimento de degenerescência. Resultados semelhantes foram obtidos por BRACKMANN *et al.* (1995), que, trabalhando com este cultivar, encontraram menor incidência deste distúrbio com a diminuição da UR de 97% para 75%.

Outro efeito positivo da baixa UR foi o controle total da podridão durante o armazenamento (tabela 1) e durante a exposição dos frutos à temperatura ambiente (tabela 2). Embora tenham sido verificados, no presente trabalho, efeitos benéficos da menor UR no controle da degenerescência e podridões, salienta-se que a baixa UR causa amarelimento da epiderme, desidratação, murchamento e conseqüente perda de peso. Portanto, em nível comercial, a utilização de baixa UR, durante todo o período de armazenamento, poderá causar perda de qualidade em função do excesso de transpiração.

As concentrações dinâmicas de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> não influenciaram os parâmetros físico-químicos indicadores da conservação dos frutos. No entanto, aplicando-se contrastes, observou-se que a redução da UR de 97% para 92% manteve os SST e a acidez mais elevados, o que pode ser explicado pela desidratação dos frutos que concentrou açúcares e ácidos.

## CONCLUSÃO

Concentrações dinâmicas de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> não têm efeito na retenção da firmeza da polpa, SST e acidez dos frutos.

A redução do O<sub>2</sub> de 1,5% para 0,5%, nos quatro meses finais de armazenamento, aumenta a incidência de degenerescência.

A elevação do CO<sub>2</sub> para 4% de CO<sub>2</sub>, nos quatro meses iniciais de armazenamento, causa maior incidência de degenerescência, após exposição dos frutos à temperatura ambiente, que a elevação da concentração nos quatro meses finais de armazenamento.

A utilização de baixa UR do ar, durante o armazenamento, diminui a ocorrência de degenerescência e podridões, porém não se recomenda seu uso durante todo o período, pois causa murchamento dos frutos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAUMANN, H., HENZE, J. Intercellular space volume of fruit. *Acta Horticulturae*, Wageningen, n. 138, p. 107-111, 1983.
- BORTOLUZZI, G. **Efeito das temperaturas de armazenamento e das condições de atmosfera controlada sobre a qualidade da maçã 'Fuji'**. Santa Maria - RS. 1997. 93 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, 1997.
- BRACKMANN, A., MAZARO, S.M., BORTOLUZZI, G. Qualidade da maçã 'Fuji' sob condições de atmosfera controlada. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 25, n. 2, p. 215-218, 1995.
- BRACKMANN, A., SAQUET, A.A. Efeito das condições de atmosfera controlada sobre a ocorrência de degenerescência em maçãs 'Fuji'. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 52, n. 2, p. 263-267, 1995.
- CURRY, E.A. Effect of harvest date and oxygen level on storability of late season apple cultivars. In: INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, 5, 1989, Washington, USA. **Proceedings...** Washington, v. 1, 1989, 515 p., p. 103-109.
- GRAN, C.D., BEAUDRY, R.M. Modified atmosphere packaging determination of lower oxygen limits for apple fruit using respiratory quotient and ethanol accumulation. In: INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, 6, Ithaca, New York, 1993. **Proceedings...** Ithaca, New York, 1993, v. 1, 446 p, p. 54-62.
- 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.
- LITTLE, C.R., PEGGIE, I.D. Storage injury of pome fruit caused by stress levels of oxygen, carbon dioxide, temperature and ethylene. *HortScience*, Alexandria, Va, v. 25, n. 5, p. 783-790.
- MEHERIUK, M. CA storage conditions for apples, pears and nashi. In: INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, 6, Ithaca, New York, 1993. **Proceedings...** Ithaca, New York, 1993, v. 2, 887p., p. 819-841.
- MOONING, A. Studies on the reaction of Krebs cycle enzymes from apple tissue (Cv. Cox Orange) to increased levels of CO<sub>2</sub>. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v. 138, p. 113-119, 1983.
- SCHWARZ, A. Relative humidity in cool stores: measurement, control and influence of discreet factors. *Acta Horticulturae*, Wageningen, n. 368, p. 687-692, 1994.
- STREIF, J. Lagerverhalten und Fruchtqualität von Äpfeln nach einer kurzzeitigen Behandlung mit hohen CO<sub>2</sub> - Konzentrationen. *Gartenbauwissenschaft*, Stuttgart, v. 44, n. 6, p. 263-268, 1979.
- WATKINS, C.B. Mechanism for beneficial and deleterious responses of fruit to elevated carbon dioxide concentrations during storage. In: INTERNATIONAL POSTHARVEST SCIENCE CONFERENCE, 1996, Taupo. **Abstracts...** Taupo, 1996, p. 86.
- WILKINSON, B.G., FIDLER, J.C. Physiological disorders. In: FIDLER, J.C., WILKINSON, B.G., EDNEY, K.L. et al. **The biology of apple and pear storage**. Kent: C.A.B, 1973. cap 2., p. 63-131.