

# ARMAZENAMENTO DE MAÇÃ CV. GALA EM ATMOSFERA CONTROLADA

BRACKMANN, Auri & SAQUET, Adriano A.

UFSM/CCR/Deptº de Fitotecnia, Núcleo de Pesquisa em Pós-Colheita - Campus Universitário - CEP 97119-900 - Tel. (055) 221 1616, Santa Maria, RS, Brasil.  
(Recebido para publicação em 20/06/95)

## RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do armazenamento em atmosfera controlada (AC) sobre as qualidades físico-químicas da maçã 'Gala'. A temperatura de armazenamento foi de 0,5 °C e UR de 97%. As condições de AC foram: 0%CO<sub>2</sub>/1%O<sub>2</sub>, 3%CO<sub>2</sub>/1%O<sub>2</sub>, 4%CO<sub>2</sub>/1%O<sub>2</sub>, 6%CO<sub>2</sub>/1%O<sub>2</sub>, 4%CO<sub>2</sub>/2%O<sub>2</sub>, 6%CO<sub>2</sub>/2%O<sub>2</sub>, 4%CO<sub>2</sub>/1%O<sub>2</sub> e UR de 93% nos últimos 2,5 meses e 4%CO<sub>2</sub>/1%O<sub>2</sub> com armazenamento retardado dos frutos. Os frutos com armazenamento retardado permaneceram por quatro dias, entre a colheita e o início do armazenamento, em temperatura ambiente (25 °C). Após 8,5 meses de armazenamento não foi verificada influência de nenhum tratamento sobre o teor de sólidos solúveis totais (SST) e firmeza da polpa dos frutos. A condição de AC com 3%CO<sub>2</sub>/1%O<sub>2</sub> proporcionou os maiores percentuais de frutos sadios no momento da retirada da câmara, porém, após cinco dias de armazenamento refrigerado mais cinco dias em temperatura ambiente foram verificados altos percentuais de degenerescência interna, como nos demais tratamentos com CO<sub>2</sub>, entre 3 a 6%. O maior percentual de frutos sadios após exposição em temperatura ambiente por cinco dias foi obtido com 0%CO<sub>2</sub>/1%O<sub>2</sub>. Os frutos com armazenamento retardado apresentaram alta incidência de podridões no final do armazenamento.

Palavras-chave: maçã 'Gala', armazenamento, atmosfera controlada, distúrbio fisiológico

## ABSTRACT

This experiment was carried out to evaluate the effect of the controlled atmosphere (CA) conditions on the quality of 'Gala' apple. The fruits were stored at 0.5 °C and 97% RH. The CA conditions were: 0%CO<sub>2</sub>/1%O<sub>2</sub>, 3%CO<sub>2</sub>/1%O<sub>2</sub>, 4%CO<sub>2</sub>/1%O<sub>2</sub>, 6%CO<sub>2</sub>/1%O<sub>2</sub>, 4%CO<sub>2</sub>/2%O<sub>2</sub>, 6%CO<sub>2</sub>/2%O<sub>2</sub>, 4%CO<sub>2</sub>/1%O<sub>2</sub> plus 93% RH in the last 2.5 months and 4%CO<sub>2</sub>/1%O<sub>2</sub> with delayed storage. The fruits with delayed storage were kept for four days on ambient temperature (25 °C) before storage. After 8.5 months of storage, CA conditions and RH did not influence the total soluble solids content (TSS) and firmness of fruits. The condition 3%CO<sub>2</sub>/1%O<sub>2</sub> proportionate larger percentage of

healthy fruits by opening of CA chambers, however after five days in cold storage plus five days at shelf life high incidence of internal breakdown was observed. The largest percentage of healthy fruits after shelf life was obtained with 0%CO<sub>2</sub>/1%O<sub>2</sub>. The fruits with delayed storage showed high decay incidence.

Key words: apple, storage, controlled atmosphere, physiological disorder

## INTRODUÇÃO

Em virtude do grande volume de produção da cv. Gala, há necessidade de armazenamento para regular a oferta do produto durante o ano. Atualmente a maioria das empresas produtoras de maçãs utilizam o armazenamento em frio convencional, técnica que permite apenas quatro meses de conservação. Após longos períodos de armazenamento a polpa perde firmeza e sofre degenerescência, perdendo a suculência e apresentando textura farinhenta e, muitas vezes, os frutos apresentam rachaduras. Além disso, há uma degradação muito acentuada da acidez através da respiração, prejudicando o sabor. A rápida perda de qualidade em armazenamento refrigerado deve estar relacionado a alta taxa respiratória e altos índices de produção de etileno dos frutos desta cultivar (BRACKMANN, 1992). O armazenamento em câmaras de AC parece ser a única alternativa para a conservação da cv. Gala por longos períodos.

Por ser uma cultivar relativamente nova, poucos trabalhos têm sido desenvolvidos com o objetivo de estudar as condições de armazenamento em frio e AC. As concentrações de CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> adequadas para o armazenamento da maçã 'Gala' diferem em função do local e ano pesquisado. HANSEN & ZANON (1982) afirmam que, quando armazenada em atmosfera controlada, pode ser conservada por até oito meses, sugerindo concentrações de 6%CO<sub>2</sub> e 3%O<sub>2</sub>, com temperatura de 1°C e UR de 90%. BENDER (1989) obteve os melhores resultados com 3,2%CO<sub>2</sub>/1,1%O<sub>2</sub> e temperatura entre 0 e 1°C. De acordo com STREIF (1990), esta cultivar deve ser armazenada em temperatura de 1 a 2°C e concentrações de 4%CO<sub>2</sub> e de 1,5 a 3,0%O<sub>2</sub>. Segundo MEHERIUK (1990), a condição adequada para o armazenamento é com temperatura entre 0 e 2 °C e concentrações de 1 a 3%

de CO<sub>2</sub> e 1 a 2% de O<sub>2</sub>, salientando que esta cultivar é sensível a altas concentrações de gás carbônico que poderão causar distúrbios fisiológicos.

A umidade relativa do ar durante o armazenamento deve ser alta para reduzir a transpiração e o murchamento dos frutos. No entanto, a alta umidade relativa das câmaras agrava a ocorrência de degenerescência em maçãs armazenadas em frio convencional (SCOTT et al., 1964; SCOTT & ROBERTS, 1967; MARTIN et al., 1967; PORRIT & MEHERIUK, 1973). Os níveis de degenerescência (core flush) aumentam com umidade relativa acima de 90% (FORSYTH & EAVES, 1974). Conforme EBERT (1986), a cv. Gala quando armazenada por longos períodos apresenta rachaduras na epiderme e, em casos mais severos, a polpa também apresenta rachaduras. Segundo LIDSTER (1990), a degenerescência interna aumenta com umidade relativa entre 96 e 100% durante o armazenamento da maçã "McIntosh". A manifestação da degenerescência em maçãs também pode estar relacionada com a maturação avançada dos frutos (SCHUHMACHER, 1975; STREIF, 1985).

O presente trabalho tem por objetivo avaliar o efeito das concentrações de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> no armazenamento em AC, sobre a qualidade da maçã 'Gala', produzida em condições edafoclimáticas do Brasil.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante o período de fevereiro a outubro de 1994 no Núcleo de Pesquisa em Pós-colheita (NPP) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Foram utilizados frutos procedentes de um pomar comercial da empresa RENAR, localizada em Fraiburgo, SC. Os frutos foram armazenados em câmaras experimentais de AC, com volume de 240 litros.

Os frutos foram colhidos no ponto de maturação normalmente utilizado para frutos destinados ao armazenamento em atmosfera normal (AN), ou seja, com índice do teste iodo/amido igual a 5,46. Após a colheita, os frutos foram transportados ao NPP em Santa Maria, onde foram armazenados. Antes do armazenamento foi feita a seleção dos frutos, sendo eliminados aqueles com lesões e com baixo calibre, tendo em vista que os frutos de tamanho médio e grande têm maiores problemas de conservação.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com duas repetições, e os frutos com peso variando entre 126g até 214g (calibre entre 90 e 150 - corresponde ao número de frutos por caixa). Para a análise da firmeza de polpa foram utilizadas duas repetições de 15 frutos para cada tratamento, sendo que os demais parâmetros foram avaliados sobre um total de 35 frutos por repetição.

Os tratamentos avaliados foram diferentes combinações de concentrações de gás carbônico e oxigênio na atmosfera das câmaras e dois teores de umidade relativa do ar, bem como o efeito do retardamento do início do armazenamento em AC.

A temperatura de armazenamento, medida na polpa do fruto, foi de 0,5°C e a UR de 97%. A temperatura do ar teve uma oscilação de ±0,5°C em decorrência da instabilidade normal de funcionamento das câmaras.

O tratamento com baixa UR sofreu uma redução na UR para 93% nos últimos 2,5 meses de armazenamento, ou seja, após seis meses do início do experimento, visando-se avaliar o efeito da baixa UR sobre a rachadura dos frutos.

No tratamento com retardamento do armazenamento, os frutos foram expostos por quatro dias à temperatura ambiente (25 °C) antes do início do armazenamento.

As concentrações iniciais de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> das câmaras de AC foram estabelecidas através da realização do "pulldown", que consiste na eliminação do oxigênio das câmaras, com a injeção de nitrogênio até a obtenção das concentrações pré-estabelecidas. As concentrações de dióxido de carbono foram obtidas através da injeção do gás nas câmaras. Para a manutenção constante dos níveis de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>, que continuamente se modificavam em virtude da respiração dos frutos, foi realizada diariamente uma análise e correção das concentrações. A análise da concentração dos gases foi feita com analisadores eletrônicos de fluxo contínuo marca Agri-datalog. O oxigênio, consumido pela respiração dos frutos, foi compensado através da injeção de ar nas câmaras. O dióxido de carbono em excesso, resultante do processo respiratório, foi absorvido por uma solução de hidróxido de sódio, pela qual foi circulado o ar das câmaras.

A análise dos frutos foi realizada na instalação do experimento (fevereiro de 94), quando foi realizado o teste iodo-amido e determinação da firmeza de polpa dos frutos. Após 8,5 meses de armazenamento, as câmaras de AC foram abertas, desfazendo-se a atmosfera e todos os tratamentos permaneceram durante cinco dias em AN, quando então, quatro amostras de 35 frutos de cada tratamento foram retiradas das câmaras. Duas amostras foram analisadas imediatamente, enquanto que as outras duas permaneceram durante cinco dias em temperatura ambiente e, posteriormente analisadas. A exposição dos frutos a condições de AN e temperatura ambiente visou simular o período de beneficiamento e comercialização. Nas avaliações foram analisados os seguintes parâmetros de qualidade:

a) Firmeza da polpa: Determinada com auxílio do penetrômetro motorizado com ponteira de 11mm de diâmetro, em dois lados na região equatorial do fruto, onde previamente foi retirada a epiderme.

b) O teor de amido da metade peduncular dos frutos foi avaliado no início do experimento, utilizando a tabela de fotografias desenvolvida por STREIF (1984), onde o índice 01 indica o teor máximo de amido e o índice 10 representa amido totalmente hidrolisado.

c) Sólidos solúveis totais (SST): Determinação realizada com o refratômetro manual e a leitura corrigida em função do efeito da temperatura.

d) Acidez titulável: utilizou-se 10 ml de suco que foram diluídos em 100 ml de água destilada e após titulados com uma solução de hidróxido de sódio 0,1N até pH 8,1.

e) Para a avaliação da ocorrência de degenerescência interna foram realizados vários cortes na secção transversal dos frutos e determinada através da contagem de frutos com qualquer tipo de sintoma de escurecimento na polpa.

f) A avaliação da podridão foi feita através da contagem dos frutos afetados interna e externamente. Foram considerados podres os frutos com lesões maiores que 5mm de diâmetro.

g) A rachadura dos frutos foi determinada através da contagem de frutos com a epiderme e/ou polpa rachada. Os frutos que apresentavam incidência de podridões e rachaduras ao mesmo tempo foram contabilizados como podres e rachados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A firmeza de polpa dos frutos avaliados logo na abertura das câmaras (Tabela 1) foi similar em todas as condições de armazenamento, contrariando os resultados de PORRIT (1966), ANDERSON (1967) e NORTH & COCKBURN (1978) que afirmam que o CO<sub>2</sub> mantém a firmeza mais elevada em maçãs. Na segunda avaliação (Tabela 3), após 10 dias da abertura das câmaras, os tratamentos 0%CO<sub>2</sub>/1%O<sub>2</sub> e 4%CO<sub>2</sub>/1%O<sub>2</sub> com armazenamento retardado apresentaram firmeza de polpa mais elevada, embora não diferindo estatisticamente dos outros tratamentos. Houve uma tendência dos tratamentos com 2% de oxigênio apresentarem firmeza mais baixa que os frutos em 1% de O<sub>2</sub>. O efeito do baixo oxigênio sobre a manutenção da firmeza em maçãs foi verificado por vários autores (LIDSTER *et al.*, 1980; BOHLING & HANSEN, 1985; BENDER, 1989; LAU, 1989; LAU, 1990; ARGENTA *et al.*, 1994).

TABELA 1. Efeito das concentrações de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> sobre as qualidades físico-químicas da maçã cv. Gala, após 8,5 meses de armazenamento em atmosfera controlada (AC).

AC		Parâmetro Físico-químico		
CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	Firmeza de polpa (N/cm <sup>2</sup> )	Acidez Titulável (meq/100ml)	SST (%)
		81,0*		
0	1	51,2 a	3,8 a	13,6 a
3	1	46,9 a	3,8 a	13,3 a
4	1	50,7 a	4,1 a	13,5 a
6	1	53,8 a	4,1 a	13,4 a
4	2	48,2 a	3,7 a	13,4 a
6	2	48,7 a	3,8 a	13,3 a
4	1 <sup>1</sup>	54,3 a	4,4 a	13,6 a
4	1 <sup>2</sup>	48,9 a	4,4 a	13,5 a

Médias não seguidas pelas mesmas letras na vertical, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

\* Valor inicial

<sup>1</sup>Baixa umidade relativa nos últimos 2,5 meses de armazenamento

<sup>2</sup>Armazenamento retardado

A acidez titulável apresentou valores semelhantes em todos os tratamentos na abertura das câmaras (Tabela 1), porém, após 10 dias (Tabela 3), os tratamentos com baixo O<sub>2</sub> (1%) mantiveram valores mais elevados, confirmando os resultados de LIDSTER et al. (1980) com a cv. McIntosh e BENDER (1989) com a cv. Gala.

Na avaliação do teor de sólidos solúveis totais os tratamentos avaliados foram estatisticamente iguais nas duas datas de avaliação. LIDSTER *et al.* (1980) também não verificaram diferenças significativas nos SST em decorrência do baixo O<sub>2</sub> (1,0 a 1,5%). Tais resultados

discordam de de BENDER (1989) que obteve SST mais elevados na cv. Gala com oxigênio abaixo de 2%.

A rachadura dos frutos (Tabela 2), foi acentuada no tratamento com baixo CO<sub>2</sub> (0%CO<sub>2</sub>/1%O<sub>2</sub>) e com retardamento do armazenamento, demonstrando que a rachadura é um fenômeno ligado à maturação avançada dos frutos, como afirma EBERT (1986). A redução da umidade relativa do ar nos últimos meses de armazenamento não reduziu a frequência de rachadura dos frutos.

TABELA 2 - Percentual de distúrbios fisiológicos, podridões e frutos sadios, em função das condições de armazenamento em atmosfera controlada da maçã cv. Gala.

AC CO <sub>2</sub> - O <sub>2</sub>	Distúrbio Fisiológico		Frutos	
	rachadura	Degenerescência	sadios	podres
0 - 1	20,6 a	8,9 b	53,7 a b	30,3 b
3 - 1	0 c	24,7 a b	66,5 a	8,7 c
4 - 1	3,0 b c	50,1 a	41,5 a b	7,3 c
6 - 1	3,2 b c	34,6 a b	56,9 a b	7,8 c
4 - 2	6,2 b	18,6 a b	64,3 a	14,7 c
6 - 2	6,6 b	38,7 a b	45,5 a b	15,7 c
4 - 1 <sup>1</sup>	0,7 c	19,8 a b	63,5 a	16,0 c
4 - 1 <sup>2</sup>	23,3 a	20,3 a b	27,6 b	52,3 a

Médias não seguidas pelas mesmas letras, na vertical, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5%.

<sup>1</sup>Baixa umidade relativa nos últimos 2,5 meses de armazenamento

<sup>2</sup>Armazenamento retardado

Os tratamentos com alto CO<sub>2</sub> (3 a 6%) e/ou baixo O<sub>2</sub> (1%), apresentaram menores incidência de podridões (Tabela 2). Segundo SOMMER *et al.* (1981), reduções modestas no crescimento de fungos ocorrem quando o CO<sub>2</sub> está acima de 5%, sendo que reduções maiores ocorrem com o O<sub>2</sub> abaixo de 2%. O tratamento com retardamento do armazenamento, também apresentou grande incidência de podridão, provavelmente devido a maturação avançada dos frutos, que os tornou mais sensíveis aos fungos. SCHUHMACHER (1975) e STREIF (1985), também observaram que a maçã após a colheita deve ser armazenada em AC tão logo possível para evitar a ocorrência de podridões.

A degenerescência da polpa está relacionada com os altos teores de CO<sub>2</sub> (Tabela 2), o que condiz com MEHERIUK (1990), que afirma ser esta cultivar sensível ao CO<sub>2</sub>. No tratamento com 4%CO<sub>2</sub>/1%O<sub>2</sub> e baixa umidade relativa, o dano foi menos intenso do que

naquele com alta umidade, havendo uma relação inversa da umidade com a incidência do distúrbio, como afirmam SCOTT *et al.* (1964), SCOTT & ROBERTS (1967), MARTIN *et al.* (1967) e PORRIT & MEHERIUK (1973). Após 10 dias de simulação de beneficiamento e comercialização, não houve diferença entre as duas UR quanto à degenerescência.

Os percentuais de frutos sadios, na maioria dos tratamentos não diferiram estatisticamente entre si, embora o tratamento com 0%CO<sub>2</sub>/1%O<sub>2</sub> apresentou os melhores resultados (Tabela 3) após 10 dias da abertura das câmaras de AC, com 62,9%. Este tratamento também apresentou, na oportunidade, os maiores valores de firmeza de polpa, acidez titulável e SST entre os tratamentos avaliados. No entanto, outros autores recomendam outras concentrações de CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> (HANSEN & ZANON, 1982), 3%CO<sub>2</sub>/1%O<sub>2</sub> (BENDER, 1989; MEHERIUK, 1990), 4%CO<sub>2</sub>/1,5 a 3%O<sub>2</sub> (STREIF, 1990) e 3%CO<sub>2</sub>/1,6%O<sub>2</sub> (MEHERIUK, 1993).

TABELA 3. Efeito das concentrações de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> sobre a qualidade da maçã cv. Gala, armazenada a 0,5°C e UR de 97%\*.

AC CO <sub>2</sub> - O <sub>2</sub> (%)	Textura (N/cm <sup>2</sup> )	Acidez Titulável (meq/100ml)	SST (%)	degenerescência interna (%)	frutos sadios (%)
0 - 1	52,5 a	4,3 a	13,8 a	0 d	62,9 a
3 - 1	45,8 b	4,0 a b	13,6 a	59,8 a	31,2 d
4 - 1	53,8 a	4,1 a b	14,0 a	33,3 b c	58,2 a b
6 - 1	51,6 a b	4,2 a b	13,7 a	31,9 b c	59,6 a b
4 - 2	50,7 a b	3,7 c	13,3 a	24,9 b c	58,1 a b
6 - 2	48,1 a b	3,9 b c	13,5 a	27,0 b c	57,3 a b c
4 - 1 <sup>1</sup>	51,2 a b	3,8 b c	13,3 a	41,5 a b	41,9 b c d
4 - 1 <sup>2</sup>	52,3 a	4,2 a b	13,6 a	8,9 c d	38,8 c d

\*Resultados após 8,5 meses de armazenamento e 10 dias de comercialização simulada.

Médias não seguidas pelas mesmas letras, na vertical, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

<sup>1</sup>umidade relativa (93%) nos últimos 2,5 meses de armazenamento

<sup>2</sup>Armazenamento após 4 dias da colheita à 25°C

Tendo em vista a carência de informações sobre o armazenamento da cv. Gala em AC no Brasil, sugerimos que estes resultados sejam utilizados com cautela pelas empresas armazenadoras de maçã, pois investigações científicas complementares são necessárias.

## CONCLUSÕES

A condição de armazenamento em AC com 0%CO<sub>2</sub> e 1%O<sub>2</sub> proporciona os maiores percentuais de frutos sadios, além de boa firmeza e níveis elevados de SST e acidez titulável, após 265 dias, incluindo a simulação de beneficiamento e comercialização.

A baixa UR no final do armazenamento não traz efeitos benéficos sobre a redução dos índices de rachadura e podridões, mas diminui o escurecimento da polpa.

O retardamento do armazenamento proporciona altos percentuais de podridões, indicando que os frutos devem ser colhidos e armazenados rapidamente.

A degenerescência da polpa aumenta com o incremento das concentrações de CO<sub>2</sub> nas câmaras de AC.

## AGRADECIMENTOS

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

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, R. E. Experimental storage of Eastern-grown 'Delicious' apples in various controlled atmosphere. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, v.91, p.810-820, 1967.
- ARGENTA, L. C., BRACKMANN, A., MONDARDO, M. Qualidade pós-colheita de maçãs armazenadas sob diferentes temperaturas e concentrações de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>. *R. Bras. Fisiol. Veg.*, São Carlos, v.6, n.2, p.121-126, 1994.
- BENDER, R. J. Controlled atmosphere storage of apples cv. Gala in southern Brazil. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v.258, p.221-223, 1989.
- BOHLING, H., HANSEN, H. Untersuchungen ueber das Lagerungsverhalten von Äpfeln in Kontrollierten Atmosphaeren mit sehr niedrigen Sauerstoffanteilen. *Erwerbsobstbau*, Berlin, v.27, n.4, p.80-4, 1985.
- BRACKMANN, A. Produção de etileno, CO<sub>2</sub> e aroma de cultivares de maçã. *Rev. Bras. de Frutic.*, Cruz das Almas, v.14, n.1, p.103-108, 1992.
- EBERT, A. Distúrbios fisiológicos. In: Manual da Cultura da Macieira. Florianópolis, EMPASC, 1986, p.493-520.

- 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: FACTEURS ET RÉGULATION DE LA MATURATION DES FRUITS. Paris, v.238, p.67-72, 1974.
- HANSEN, H., ZANON, K. Apfelsorte 'Gala' und ihre Mutante 'Royal Gala'. Erwerbsobstbau, Berlin, v.24, p.105-108, 1982.
- LAU, O. L. Responses of British Columbia-grown apples to low-oxygen and low-ethylene controlled atmosphere storage. Acta Horticulturae, Wageningen, v.258, p.107-114, 1989.
- LAU, O. L. Tolerance of three apple cultivars to ultra-low levels of oxygen. *HortScience*, Alexandria, v.25, n.11, p.1412-1414, 1990.
- LIDSTER, P. D., FORSYTH, F. R., LIGHTFOOT, H. J. Low oxygen and carbon dioxide atmospheres for storage of McIntosh apples. Can. *J. Plant. Sci.*, Ottawa, v.60, p.299-301, 1980.
- LIDSTER, P. D. Storage humidity influences fruit quality and permeability to ethane in 'McIntosh' apples stored in diverse controlled atmospheres. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, Alexandria, v.114, n.1, p.94-96, 1990.
- 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. *J. Agr. Res.*, Austral., v.18, p.271-278, 1967.
- MEHERIUK, M. Controlled atmosphere storage of apples: a survey. Postharvest News and Informations. Inglaterra, v.1, n.2, p.119-121, 1990.
- MEHERIUK, M. CA storage conditions for apples, pears and nashi. In: CA'93, SIXTH INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE. *Proceedings.*, New York, v.2, p.832, 1993.
- NORTH, C. J., COCKBURN, J. T. Effects of increased concentrations of CO<sub>2</sub> on the storage of Cox'Orange Pippin apples in 1%O<sub>2</sub>. Report of East Malling Research Station for 1977, p.146-147, 1978.
- PORRIT, S. W. The effect of oxygen and low concentrations of carbon dioxide on the quality of apples stored in controlled atmosphere. Can. *J. Plant. Sci.*, Ottawa, v.46, p.317-321, 1966.
- PORRIT, S. W., MEHERIUK, M. Influence of storage humidity and temperature on breakdown in Spartan apples. Can. *J. Plant. Sci.*, Ottawa, v.53, p.597-599, 1973.
- SCHUHMACHER, R. Die Fruchtbarkeit der Gehölze. Ulm, Ulmer, 1975, 197p.
- SCOTT, K. J., HALL, G. E., ROBERTS, E. A. Some effects of the composition of the storage atmosphere on the behavior of apples stored in polyethylene bags. *J. Expt. Agr. & Anim. Husb.*, Austral., v.4, p.253-259, 1964.
- SCOTT, K. J., ROBERTS, E. A. Breakdown in Jonathan and Delicious apples in relation to weight loss during cool storage. *J. Expt. Agr. & Anim. Husb.*, Austral., v.7, p.87-90, 1967.
- SOMMER, N. F., FORTLAGE, R. J., BUCHANAN, J. R., KADER, A. A. Effect of oxygen on carbon monoxide suppression of postharvest pathogens of fruits. Plant Disease, USA, v.65, n.4, p.347-349, 1981.
- STREIF, J. Jod-Stärke-Test zur Beurteilung der Fruchtreife bei Äpfeln. Obst und Garten, Stuttgart, n.8, 1984.
- STREIF, J. Qualitätsprobleme bei Äpfellagerung. Obstbau, Alemanha, v.10, p.177-179, 1985.
- STREIF, J. Hinweise zur Lagerung von Äpfeln. Obst und Garten, Stuttgart, v.10, p.480, 1990.