

# FRIGOCONSERVAÇÃO DE MAÇÃ 'FUJI' EM DUAS TEMPERATURAS E EM ATMOSFERA CONTROLADA

BRACKMANN, Auri; BORTOLUZ, Leandro; BORTOLUZZI, Glucia

UFSM/CCR/Depto. de Fitotecnia - Núcleo de Pesquisa em Pós-Colheita - Campus Universitário - CEP 97105-900 -  
Tel. (055) 220-8179 - Santa Maria, RS.  
(Recebido para publicação em 20/02/98)

## RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos das concentrações ultrabaixas de O<sub>2</sub> durante o armazenamento em atmosfera controlada (AC), da concentração de CO<sub>2</sub> em armazenamento refrigerado (AR) e das temperaturas de armazenamento, sobre a manifestação de degenerescência da polpa e qualidades físico-químicas da maçã 'Fuji'. Os frutos foram armazenados a -0,5°C e +0,5°C, em AR a 0,5% de CO<sub>2</sub> e 2% de CO<sub>2</sub> e nas seguintes condições de AC: 1,5% de O<sub>2</sub> + 0,5% de CO<sub>2</sub> e 1,0% de O<sub>2</sub> + 0,5% de CO<sub>2</sub>. As avaliações foram realizadas após oito meses de armazenamento, no dia da saída dos frutos das minicâmaras e após nove dias de armazenamento refrigerado e mais cinco dias de exposição à temperatura ambiente de 28°C. Constatou-se que os frutos armazenados em AC mantiveram melhor qualidade que aqueles mantidos em AR. Ocorreu maior retenção da firmeza da polpa e menor incidência de degenerescência nas concentrações de 1,5% de O<sub>2</sub> + 0,5% de CO<sub>2</sub>, a -0,5°C, e 1,0% de O<sub>2</sub> + 0,5% de CO<sub>2</sub>, a +0,5°C. A redução da temperatura de +0,5°C para -0,5°C diminuiu a incidência de degenerescência da polpa em AC e AR. O acúmulo de 2% de CO<sub>2</sub> em AR aumentou a incidência de degenerescência.

Palavras-chave: maçã 'Fuji', armazenamento, atmosfera controlada.

## ABSTRACT

COLD STORAGE OF 'FUJI' APPLE IN TWO TEMPERATURES AND CONTROLLED ATMOSPHERE. Aiming to evaluate the effects of ultra low oxygen concentration during the storage in controlled atmosphere (CA), CO<sub>2</sub> concentration in cold storage and storage temperatures on the incidence of flesh breakdown and on quality parameters of 'Fuji' apples. The fruits were stored at -0.5°C and +0.5°C, in cold storage at 0.5% CO<sub>2</sub> and 2% CO<sub>2</sub> and following CA conditions: 1.5% O<sub>2</sub> + 0.5% CO<sub>2</sub> and 1.0% O<sub>2</sub> + 0.5% CO<sub>2</sub>. Fruits were evaluated after eight months of storage at opening of storage chambers and after nine days in cold storage and five days in shelf-life at 28°C. Results showed that fruits stored in CA maintained

better quality than fruits in cold storage. Highest flesh firmness and lower flesh breakdown were obtained in 1.5% O<sub>2</sub> + 0.5% CO<sub>2</sub> at -0.5°C and in 1.0% O<sub>2</sub> + 0.5% CO<sub>2</sub> at +0.5°C. Lowering temperature from +0.5°C to -0.5°C reduced flesh breakdown incidence in AC and cold storage. The increment of 2% CO<sub>2</sub> in cold storage increased breakdown.

Key words: 'Fuji' apple, storage, controlled atmosphere.

## INTRODUÇÃO

Muitos estudos têm demonstrado os efeitos benéficos do armazenamento em câmaras frigoríficas de atmosfera controlada (AC) sobre a qualidade de maçãs. As condições de AC, contribuem na diminuição do metabolismo, na conservação das características físico-químicas dos frutos (KE et al. 1991) e inibem o desenvolvimento de fungos (KADER, 1986).

A maçã 'Fuji' é susceptível à degenerescência interna da polpa, que limita sua capacidade de armazenamento. A degenerescência é um distúrbio fisiológico que se caracteriza por um escurecimento de aspecto úmido da polpa, ocorrendo na região carpelar sem atingir o córtex dos frutos. É progressiva, continuando a se desenvolver após a frigoconservação (FORTES & PETRI, 1982).

Segundo KADER (1986), a degenerescência da polpa em maçãs, ocorre quando os frutos são expostos a concentrações inadequadas de O<sub>2</sub> ou de CO<sub>2</sub> durante o armazenamento. Estas concentrações inadequadas provocariam uma respiração anaeróbica nestes frutos, levando a um acúmulo de etanol e acetaldeído que causam o escurecimento do tecido (GRAN & BEAUDRY, 1993). No armazenamento da cv. Fuji, BORTOLUZZI (1997) verificou aumento na incidência de degenerescência com a redução da concentração de O<sub>2</sub> de 1,5% para 0,7%. BRACKMANN et al. (1995) verificaram que concentrações de CO<sub>2</sub> acima de 1% causam degenerescência da polpa na cultivar Fuji.

A degenerescência também pode ser causada pela baixa temperatura de armazenamento (FORTES

& PETRI, 1982). Para a maioria das cultivares de maçãs, a temperatura de armazenamento está na faixa de  $-1^{\circ}\text{C}$  a  $0^{\circ}\text{C}$  (HARDENBURG et al. 1986). Porém, algumas variedades de maçãs não toleram temperaturas menores que  $3^{\circ}\text{C}$  (FIDLER & NORTH, 1967). Segundo BENDER (1991), a maçã 'Fuji' apresenta dano pelo frio quando armazenada em AC, a temperaturas inferiores a  $1,5^{\circ}\text{C}$ . Porém, menor incidência de degenerescência em maçã 'Fuji' foi observada com a redução da temperatura de armazenamento de  $2^{\circ}\text{C}$  para  $1^{\circ}\text{C}$  (BRACKMANN & SAQUET, 1995) e de  $1^{\circ}\text{C}$  para  $0^{\circ}\text{C}$  (BORTOLUZZI, 1997).

Tendo em vista a falta de informações sobre as condições de AC mais adequadas para o armazenamento da maçã 'Fuji', objetivou-se avaliar os efeitos das temperaturas de armazenamento, das concentrações ultrabaixas de  $\text{O}_2$  e da concentração de  $\text{CO}_2$  em AR sobre a ocorrência de degenerescência e sobre a qualidade físico-química desta maçã.

## 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, colhidos no ponto de maturação adequado para o armazenamento em atmosfera controlada (AC), conforme método de determinação do ponto de colheita utilizado na empresa produtora, que se baseia no teste de iodo-amido e firmeza da polpa.

Para o armazenamento, os frutos foram selecionados, eliminando-se aqueles com lesões e homogêneas as amostras. Na data de instalação do experimento os frutos apresentavam firmeza da polpa de 68,08N, acidez titulável de 4,86meq/100ml e SST igual a 13,80°Brix. Os frutos armazenados em AC foram colocados em câmaras experimentais de atmosfera controlada (AC), com volume de 232 litros. Os frutos do armazenamento refrigerado (AR), também foram colocados nestas minicâmaras, porém mantidas semi-abertas, para não restringir a entrada de  $\text{O}_2$  e saída de  $\text{CO}_2$ . As minicâmaras foram instaladas em câmaras frigoríficas às temperaturas de  $-0,5^{\circ}\text{C}$  e  $+0,5^{\circ}\text{C}$ . A umidade relativa do ar foi mantida em 97%.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, em esquema bifatorial  $2 \times 4$  (duas temperaturas e quatro concentrações de gases), com duas repetições de 30 frutos. O fator "concentração" correspondeu a quatro concentrações de gases  $\text{CO}_2$  e  $\text{O}_2$  (Tabelas 1 e 2), onde duas eram

em regime de atmosfera controlada (AC) e duas em armazenamento refrigerado (AR). Um dos tratamentos de AR foi mantido em regime de atmosfera normal (aproximadamente 20,8% de  $\text{O}_2$  + 0,03% de  $\text{CO}_2$ ) e o outro mantido com o nível normal de  $\text{O}_2$ , porém, elevando-se o nível de  $\text{CO}_2$  para 2%, simulando o acúmulo de  $\text{CO}_2$  pela respiração dos frutos em uma câmara comercial.

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  $\text{CO}_2$  e  $\text{O}_2$ , marca AgriDatalog. O oxigênio consumido pela respiração foi repostado pela adição de ar e o excesso de  $\text{CO}_2$  absorvido com solução de hidróxido de potássio. Para atingir níveis de  $\text{CO}_2$  próximos a zero utilizou-se cal hidratada no interior das minicâmaras.

Após oito meses de armazenamento, os frutos de cada tratamento foram divididos em quatro subamostras de 30 frutos. Duas subamostras foram analisadas logo após a abertura das minicâmaras e outras duas após nove dias de armazenamento refrigerado à temperatura de  $+0,5^{\circ}\text{C}$  e  $-0,5^{\circ}\text{C}$ , seguidos por cinco dias de exposição à temperatura ambiente de  $28^{\circ}\text{C}$ . Com este período de exposição ao frio e à temperatura ambiente, procurou-se simular a classificação, embalagem e comercialização dos frutos armazenados em câmaras comerciais de AC. Os parâmetros avaliados foram os seguintes:

**a) Firmeza da polpa:** Determinada com auxílio de 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 amostra de 10ml de suco, diluído em 100ml de água destilada, através de titulação com solução de hidróxido de sódio 0,1N até pH 8,1 e os valores expressos em meq/100ml.

**d) Degenerescência da polpa:** A degenerescência foi determinada através do número de frutos, que submetidos a vários cortes transversais, apresentavam manchas escurecidas na polpa.

**e) Ocorrência de podridões:** Frutos com lesões de diâmetro maior que 0,5cm e características

típicas de ataque por patógenos foram considerados podres.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições de armazenamento em atmosfera controlada (AC), em concentrações ultrabaixas de O<sub>2</sub>, tenderam a manter a firmeza da polpa mais elevada comparado ao armazenamento refrigerado (AR) na

saída da câmara (Tabela 1) e após exposição dos frutos à temperatura ambiente (Tabela 2).

Em ambas épocas de avaliação (Tabelas 1 e 2), observou-se que as concentrações de 1,5% de O<sub>2</sub>, na temperatura de -0,5°C e, 1,0% de O<sub>2</sub> na temperatura de +0,5°C, apresentaram os maiores valores de firmeza da polpa, embora não diferindo estatisticamente.

TABELA 1 - Qualidade físico-química da maçã 'Fuji', após oito meses de armazenamento refrigerado e em atmosfera controlada.

Concentração		Firmeza da polpa (N)		SST (°Brix)		Acidez titulável (meq/100ml)	Degenerescência (%)		Podridões (%)	
%O <sub>2</sub>	%CO <sub>2</sub>	-0,5°C	+0,5°C	-0,5°C	+0,5°C	Média	-0,5°C	+0,5°C	-0,5°C	+0,5°C
20,8	2,0	----	48,53 cA*	----	14,50 b	1,75 b	----	11,6 aA	----	6,91
20,8	0,5	49,90 bB	52,32 bcA	14,25 bB	15,30 aA	1,27 c	1,6 aA	0,0 aA	2,30	7,20
1,5	0,5	57,65 aA	56,30 abA	15,70 aA	14,80 abB	2,36 a	1,6 aA	4,9 aA	3,66	3,42
1,0	0,5	54,04 aB	59,38 aA	15,20 aA	14,60 abA	2,40 a	1,6 aA	0,0 aA	4,79	3,47
C.V.(%)		3,18		2,13		11,45	38,87			

\*Tratamentos não seguidos pela mesma letra, minúsculas na vertical e maiúsculas na horizontal, diferem pelo teste de Duncan em nível de 5%.

TABELA 2 - Qualidade físico-química da maçã 'Fuji', após oito meses de armazenamento e exposição por cinco dias à temperatura ambiente.

Concentração		Firmeza da polpa (N)		SST (°Brix)		Acidez titulável (meq/100ml)	Degenerescência (%)		Podridões (%)	
%O <sub>2</sub>	%CO <sub>2</sub>	-0,5°C	+0,5°C	-0,5°C	+0,5°C	Média	-0,5°C	+0,5°C	-0,5°C	+0,5°C
20,8	2,0	----	42,91 bA*	----	13,90 cA	1,29 b	----	39,50 aA	----	9,08
20,8	0,5	50,49 bA	52,16 aB	14,40 aB	15,00 aA	0,89 c	20,00 aA	35,30 aA	2,30	7,20
1,5**	0,5	61,59 aA	52,52 aA	14,80 aA	14,50 bA	2,00 a	5,20 aA	19,70 aA	13,18	3,42
1,0**	0,5	57,78 aA	58,01 aA	14,40 aA	14,60 abA	2,09 a	9,90 aA	11,60 aA	6,09	3,47
C.V.(%)		6,88		1,41		9,61	27,09			

\*Tratamentos não seguidos pela mesma letra, minúsculas na vertical e maiúsculas na horizontal, diferem pelo teste de Duncan em nível de 5%.

\*\* Após oito meses em AC, os frutos foram armazenados em AR por nove dias e, então expostos por cinco dias a 28°C.

Após exposição dos frutos à temperatura ambiente de 28°C, ocorreu uma diminuição nos níveis de SST (Tabela 2), o que, segundo HARDENBURG et al. (1986), é devido ao consumo de substratos pelo metabolismo respiratório das maçãs, que é acelerado em temperatura mais elevada. As concentrações de O<sub>2</sub> de 1,5% e 1,0% não diferiram quanto à retenção dos níveis de SST (Tabelas 1 e 2). BORTOLUZZI (1997) também observou que a redução do O<sub>2</sub> de 1,5% para 0,7%, não teve nenhum efeito na retenção dos SST desta cultivar.

Pela análise estatística (dados não apresentados), o teste de F somente mostrou efeito das concentrações para a acidez titulável (Tabelas 1 e 2), não ocorrendo efeito significativo das temperaturas de armazenamento. Portanto, não houve diferença entre as temperaturas estudadas sobre a conservação da acidez. Resultados semelhantes foram obtidos por outros autores, que também não observaram efeito das temperaturas de armazenamento de 2,5°C e 0,5°C (ARGENTA et al. 1994) e de 1°C e 0°C (BORTOLUZZI, 1997) sobre a conservação da acidez desta maçã.

Em ambas datas de avaliações, as condições de AC mantiveram os mais altos valores de acidez. A melhor manutenção da acidez em AC, deve-se à redução do processo respiratório, que utiliza os ácidos orgânicos como principal substrato. A manutenção de uma alta acidez na maçã 'Fuji' é muito importante, uma vez que propicia melhor sabor em função do equilíbrio SST/acidez. Além disso, a alta acidez inibe o ataque de fungos causadores de podridões.

A análise estatística para o parâmetro degenerescência da polpa demonstrou não haver nenhuma significância dos fatores estudados, temperatura e concentração, o que possivelmente é devido a grande variabilidade entre as repetições. Pelos valores apresentados nas Tabelas 1 e 2, pode-se verificar, tanto em AR como em AC, um maior percentual de frutos degenerescentes a + 0,5°C, que a - 0,5°C, principalmente, após exposição dos frutos à temperatura ambiente.

A maior ocorrência de degenerescência em maçã 'Fuji', com a elevação da temperatura de armazenamento, também foi verificado por BRACKMANN & SAQUET (1995) com a elevação da temperatura de 1°C para 2°C e por BORTOLUZZI (1997) com o aumento de 0°C para 1°C. Estes resultados comprovam LITTLE & BARRAND (1989), ao afirmarem que a maçã 'Fuji' não é susceptível ao dano por baixa temperatura, porém contrariam ARGENTA & DENARDI (1994) ao afirmarem que a maçã 'Fuji' produzida no Brasil não tolera temperaturas de -0,5°C ou 0°C. Salienta-se, portanto, que a utilização de temperaturas mais elevadas para prevenir a manifestação da degenerescência, não minimiza o problema, podendo até aumentá-lo, conforme também foi observado por BRACKMANN & SAQUET (1995).;

Ocorreu uma alta incidência de degenerescência, principalmente após exposição dos frutos a 28°C (Tabela 2). Observou-se uma menor incidência de degenerescência com a redução do O<sub>2</sub> de 1,5% para 1%, na temperatura de +0,5°C. Porém, a -0,5°C, a redução do O<sub>2</sub> tendeu a aumentar a ocorrência do distúrbio. Estes dados confirmam a observação de MEHERIUK (1993) de que na maçã 'Fuji,' armazenada em concentrações muito baixas de O<sub>2</sub>, ocorre respiração anaeróbica, com conseqüente escurecimento da polpa.

No armazenamento refrigerado, em que manteve-se a concentração de 2% de CO<sub>2</sub> (simulando o aumento de CO<sub>2</sub> pela respiração dos frutos em câmaras comerciais), obteve-se uma alta incidência de degenerescência, demonstrando que esta cultivar é susceptível ao dano por CO<sub>2</sub>, mesmo em baixa concentração. Portanto, torna-se necessário o arejamento das câmaras comerciais de AR, a fim de evitar o acúmulo deste gás.

Não foi realizada análise estatística para o fator podridão, uma vez que não foi contabilizado o número de frutos podres por repetição, mas de todo o tratamento. As podridões observadas foram causadas principalmente por *Penicillium expansum*. A alta incidência, mesmo em tratamentos com baixo O<sub>2</sub>, possivelmente esteja relacionada com a alta umidade relativa nas câmaras.

## CONCLUSÕES

Frutos da maçã 'Fuji' armazenados em atmosfera controlada mantém melhor qualidade que aqueles mantidos em armazenamento refrigerado.

As concentrações de 1,0% de O<sub>2</sub> + 0,5% de CO<sub>2</sub>, na temperatura de +0,5°C e, 1,5% de O<sub>2</sub> + 0,5% de CO<sub>2</sub>, na temperatura de -0,5°C, proporcionam maior retenção da firmeza da polpa e menor incidência de degenerescência.

A redução da temperatura de armazenamento de +0,5°C para -0,5°C, em AC ou AR, diminui a incidência de degenerescência da polpa.

A maçã 'Fuji' é susceptível ao dano por CO<sub>2</sub>, que causa degenerescência da polpa, sendo necessário o arejamento das câmaras comerciais de AR para evitar o acúmulo deste gás.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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>. **Rev. Brasileira de Fisiologia Vegetal**, São Carlos, v. 6, n. 2, p 121-126, 1994.
- ARGENTA, L. C., DENARDI, F. Perdas físico-químicas mensais de maçãs 'Gala' e 'Fuji' durante a armazenagem em atmosfera controlada e frio convencional. **Rev. Bras. Frutic.**, Cruz das Almas, v. 16, n. 3, p. 111-118, 1994.
- BENDER, R. J. Maçã 'Fuji' em atmosfera controlada. **Rev Bras. Frutic.**, Cruz das Almas, v. 13, n. 3, p. 301-304, 1991.
- BORTOLUZZI, G. **Efeito das temperaturas de armazenamento e das condições de atmosfera controlada sobre a qualidade da maçã 'Fuji'**. Santa Maria - RS. 93p. 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'. **Sci. agric.**, Piracicaba, v. 52, n. 2, p. 263-267, 1995.
- FIDLER, J., NORTH, C. The effect of conditions of storage on the respiration of apples. I. The effects of temperature and concentrations of carbon dioxide and oxygen on the production of carbon dioxide and uptake of oxygen. **J. Hort. Sci.**, Alexandria, v. 42, p. 189-206, 1967.
- FORTES, G.R.L., PETRI, J.L. **Distúrbios fisiológicos em macieira e seu controle**. Florianópolis, SC, EMPASC/ACARESC, 1982. 34p. (Boletim Técnico, 3).
- GRAN, C. D., BEAUDRY, R. M. Modified atmosphere packaging determination of lower oxygen limits for apple fruit using respiratory quotient and ethanol accumulation. In: INTER. CONTROLLED ATMOSPH. RES. CONF., 6, Ithaca, New York, 1993. **Proceedings...** Ithaca, New York, 1993, v. 1, p. 54-62.
- HARDENBURG, R. E., WATADA, A. E., WANG, C. Y. **The comercial storage of fruits, vegetables and florist and nursery stocks**. Washington: U.S.D.A., 1986. 136 p. (Agriculture Handbook, 66).
- KADER, A. A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, p. 99-104, 1986.
- KE, D., RODRIGUEZ-SINOBAS, L., KADER, A.A. Physiology and prediction of fruit tolerance to low-oxygen atmospheres. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, Alexandria, USA, v. 116, n. 2, p. 253-260, 1991.
- LITTLE, C.R., BARRAND, L. The effect of preharvest, postharvest and storage conditions on some fruit disorders. In: INTER. CONTROLLED ATMOSPH. RES. CONF., 5, Washington, 1989. **Proceedings...** Washington, 1989, V. 1, p. 185-192.
- MEHERIUK, M. CA storage conditions for apples, pears and nashi. In: INTER. CONTROLLED ATMOSPH. RES. CONF., 6, Ithaca, New York, 1993. **Proceedings...** Ithaca, New York, 1993, V. 2, p. 819-841.