

CONCENTRAÇÕES DE O₂ E CO₂ NA QUALIDADE DE MAÇÃS (*Malus domestica* Bork) CV. GALA, ARMAZENADAS A 0,5° E 2,5°C

BRACKMANN, Auri¹. ARGENTA, L..C.² & MAZARO, Sergio M.¹

¹UFSM/CCR/Dept^o de Fitotecnia - Núcleo de Pesquisa em Pós-Colheita - Campus Universitário - CEP 97119-900 - TEL (055)2211616 - Santa Maria/RS.

²EPAGRI/Laboratório de Nutrição e Fisiologia Vegetal - Caçador/SC.
(Recebido para publicação em 20/12/95)

RESUMO

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de duas temperaturas (0,5° e 2,5°C) e das concentrações de CO₂ e O₂ nas câmaras de atmosfera controlada (AC) na manutenção das qualidades físico-químicas e manifestação de distúrbios fisiológicos de maçã 'Gala' durante o armazenamento. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo a unidade experimental composta por 25 frutos. As condições de atmosfera controlada foram: 0%CO₂/0,75%O₂; 0%CO₂/1,25%O₂; 0%CO₂/3%O₂; 1%CO₂/0,75%O₂; 1%CO₂/1,25%O₂; 1%CO₂/3%O₂; 3%CO₂/0,75%O₂; 3%CO₂/1,25%O₂; 3%CO₂/2%O₂; 3%CO₂/3%O₂; 5%CO₂/1,25%O₂. Após seis meses de armazenamento foram realizadas avaliações de firmeza de polpa, sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável, podridões e distúrbios fisiológicos. Os resultados obtidos na abertura das câmaras evidenciam que a temperatura de 0,5 °C mantém a firmeza de polpa mais elevada e menor ocorrência de podridões e 'bitter pit'. Na temperatura de 2,5 °C há menor manifestação de degenerescência da polpa e rachaduras de frutos. As condições de atmosfera controlada com concentrações de CO₂ entre 3% e 5% e concentrações de O₂ entre 0,75% e 2% são superiores na manutenção da qualidade dos frutos.

Palavras-chave: maçã, armazenamento, atmosfera controlada, qualidade, distúrbio fisiológico.

ABSTRACT

O₂ AND CO₂ CONCENTRATION ON QUALITY OF APPLE (*Malus domestica* Bork) 'GALA' STORED IN 0.5 AND 2.5°C. The aim of the experiments was to evaluate the effect two temperatures performed (0.5° and 2.5°C) and controlled atmosphere (CA) conditions on the quality of 'Gala' apple. The experimental design was completely randomized with four replications. The CA conditions were: 0%CO₂/0.75%O₂; 0%CO₂/1.25%O₂; 0%CO₂/3%O₂; 1%CO₂/0.75%O₂; 1%CO₂/1.25%O₂; 1%CO₂/3%O₂; 3%CO₂/0.75%O₂; 3%CO₂/1.25%O₂; 3%CO₂/2%O₂; 3%CO₂/3%O₂; 5%CO₂/1.25%O₂. After six months of storage fruit firmness, total soluble solids (TSS), titratable acidity, rot and internal breakdown were

evaluated. The temperature of 0.5 °C, maintained higher firmness and decreased rot and bitter pit, but increased internal breakdown and fruit splitting in comparison with the temperature of 2.5 °C. The best results on the quality were with CO₂ concentration between 3% and 5% and O₂ between 0.75% and 2.0%.

key words: apple, storage, controlled atmosphere, quality, physiological disorder

INTRODUÇÃO

A maçã cv. Gala, em virtude de sua excepcional qualidade organoléptica e excelente aparência, possui grande aceitação no mercado nacional. Seu período de comercialização é limitado ao primeiro semestre do ano devido a rápida perda de qualidade, relacionada com perda da firmeza da polpa e ocorrência de distúrbios fisiológicos durante o armazenamento. Os frutos armazenados por longo período apresentam rachaduras na epiderme e na polpa, além disso, podem apresentar polpa seca, farinhenta e com deficiente sabor (EBERT, 1986). A rápida perda de qualidade, com manifestação de distúrbios fisiológicos, pode estar relacionado com a alta taxa respiratória e altos índices de produção de etileno, acelerando o processo de maturação dos frutos (BRACKMANN, 1992; STREIF, 1985). Altas concentrações de CO₂ no armazenamento em atmosfera controlada (AC), segundo MEHERIUK (1990), pode causar distúrbios fisiológicos nos frutos, recomendando, por isso, concentrações de 1 a 3% de CO₂ e 1 a 2% de O₂, na temperatura de 0 a 2°C. De acordo com STREIF (1990), esta cultivar deve ser armazenada a 4% CO₂ e de 1,5 a 3,0 % O₂ e temperatura de 1 a 2°C. O melhor resultado, obtido por BENDER (1989), foi com 3,2% CO₂ e 1,1% O₂ e temperatura entre 0 e 1°C. Segundo HANSEN & ZANON (1982), esta cultivar pode ser conservada até oito meses, nas concentrações de 6% CO₂ e 3% O₂ e temperatura de 1°C.

O presente trabalho avalia o efeito de duas temperaturas de resfriamento e das concentrações de CO₂ e O₂ nas câmaras de atmosfera controlada, sobre a conservação da qualidade dos frutos de maçã 'Gala', em

especial sobre a manifestação de distúrbios fisiológicos durante o armazenamento.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Centro de Treinamento Agrícola de Caçador-SC (EPAGRI), em convênio com a Universidade Federal de Santa Maria, durante o ano de 1993. Foram utilizadas maçãs da cv. Gala, procedentes de um pomar comercial da região de Fraiburgo. Após a colheita os frutos foram selecionados e homogeneizados, eliminando-se aqueles com lesões e baixo calibre. O armazenamento foi em mini-câmaras experimentais de atmosfera controlada (AC), com volume de 240 litros. Cada minicâmara correspondeu a um tratamento, onde se armazenaram 120 frutos.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo a unidade experimental composta por 30 frutos. Os frutos foram armazenados em duas temperaturas (0,5°C e 2,5°C ± 0,5) e umidade relativa do ar em torno de 97%. As condições de atmosfera controlada foram: 0%CO₂/0,75%O₂; 0%CO₂/1,25%O₂; 0%CO₂/3%O₂; 1%CO₂/0,75%O₂; 1%CO₂/1,25%O₂; 1%CO₂/3%O₂; 3%CO₂/0,75%O₂; 3%CO₂/1,25%O₂; 3%CO₂/2%O₂; 3%CO₂/3%O₂; 5%CO₂/1,25%O₂. A instalação da atmosfera nas câmaras de AC ocorreu 72 horas após a colheita. As concentrações de gases foram obtidas através da diluição do O₂ com injeção do N₂ e posterior injeção de CO₂, até atingir os níveis pré-estabelecidos. A manutenção da concentração desejada dos gases, nas diferentes câmaras, foi feita através da análise diária, com uso de analisadores de CO₂ e O₂ e posterior correção das concentrações, as quais variavam em função da respiração dos frutos. Os níveis de gás carbônico foram mantidos com absorção do CO₂, através da circulação do gás das câmaras por um absorvedor de CO₂, contendo KOH (50%).

Para atingir níveis de CO₂ próximos a zero, utilizou-se cal hidratada no interior das câmaras. Para compensar o oxigênio consumido pelos frutos, foi injetado diariamente ar nas câmaras. No tratamento em condição de AN (0%CO₂ e 21%O₂), os frutos foram acondicionados no interior das câmaras frigoríficas, com constante controle da umidade relativa.

Ao final do experimento, após 6 meses de armazenamento, os 30 frutos de cada repetição foram divididos e duas subamostras de 15 frutos, sendo uma analisada após a abertura das câmaras e a outra após sete dias de exposição dos frutos à temperatura ambiente. A firmeza de polpa e incidência de distúrbios fisiológicos foram determinados para cada fruto, enquanto que os teores de sólidos solúveis totais (SST) e de acidez titulável foram determinados em amostras de 15 frutos. Para determinação da firmeza de polpa

empregou-se um penetrômetro motorizado, com êmbolo de 11 mm de diâmetro. Em dois lados, no equador do fruto, foi retirada a epiderme e determinou-se a firmeza da polpa. Os teores de SST foram determinados por refratometria e valores expressos em %. A acidez titulável foi determinada através de titulação de 10ml de suco, diluídos em 100ml de água, com uma solução de NaOH 0,1N até pH 8,1. Após a análise de firmeza de polpa, os frutos foram cortados em fatias para análise de 'bitter pit' e degenerescência da polpa. Fatias da metade pistilar dos frutos foram utilizados para extração do suco para a determinação de SST e acidez titulável. Na avaliação de ocorrência de podridões, frutos com lesões características de ataque de patógenos, foram considerados podres.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. Valores expressos em % foram transformados pela fórmula $\text{sen.}\sqrt{x/100}$ antes da análise da variância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na abertura das câmaras evidenciam que a temperatura de 0,5°C manteve a firmeza de polpa mais elevada e reduziu a ocorrência de podridões e 'bitter pit' em relação aos frutos armazenados a 2,5°C (Tabelas 1 e 5). Porém, a 0,5°C houve menores valores de acidez e sólidos solúveis totais (SST), além de uma maior incidência de rachadura de frutos e degenerescência da polpa (Tabelas 2,3,4 e 5). Após sete dias da primeira análise os frutos armazenados a 0,5°C, mantiveram valores mais elevados de acidez titulável e sólidos solúveis totais, no entanto, houve uma maior redução de firmeza de polpa e maior incidência de degenerescência interna.

Provavelmente, os frutos armazenados a 2,5°C, devido a maturação mais avançada, desidrataram mais que os frutos armazenados a 0,5°C, quando expostos a temperatura ambiente por sete dias, fato este que aumentou a firmeza de polpa e sólidos solúveis totais em relação a análise realizada na abertura das câmaras. A degenerescência da polpa e a rachadura dos frutos (Tabelas 4 e 5), ocorreram com maior intensidade a 0,5°C, tanto na saída da câmara como após sete dias em temperatura ambiente. Este resultado indica que a 'Gala' pode ser sensível a danos por baixa temperatura quando armazenada em AC, embora há quem tenha recomendado a temperatura de 0°C a 1°C (BENDER, 1981), para o armazenamento desta cultivar.

Quanto às condições de atmosfera controlada, a concentração de 0% de CO₂ apresentou os piores resultados em todos os parâmetros avaliados. Encontrou-se uma relação positiva entre a manutenção da firmeza da polpa e o aumento nos teores de CO₂.

Tais resultados estão de acordo com EAVES *et al.* (1964), PORRIT (1966); ANDERSON (1967) e NORTH & COCKBURN (1978), que afirmam que o aumento do CO₂ mantém a firmeza de polpa mais elevada em maçãs, até um limite máximo obtido em função da tolerância de cada cultivar ao gás. A firmeza de polpa e acidez titulável mantiveram-se mais elevados nas concentrações de 5%CO₂ e 1,25%O₂ e 3%CO₂ e

0,75%O₂. Estas concentrações estão bastante próximas às encontradas por BENDER (1989), de 3,2%CO₂ e 1,1%O₂, que considerou a melhor codição de AC para 'Gala'. O efeito do baixo oxigênio sobre a manutenção da firmeza de polpa em maçãs foi também verificado por BOHLING & HANSEN (1985) e BRACKMANN *et al.* (1995), com 1% O₂.

TABELA 1 - Firmeza de polpa de maçãs 'Gala' após armazenamento em diferentes temperaturas e condições de atmosfera normal (AN) e controlada (AC).

Tratamentos	Firmeza de Polpa (N/cm ²)	
	Saída da câmara	Após 7 dias temp. amb.
Temperaturas		
0,5°C	39,6 a*	35,3 b
2,5°C	37,6 b	41,7 a
Conc. %CO₂ e %O₂		
5,0 / 1,25	44,8 a	38,0 cd
3,0 / 3,0	40,8 bcd	38,0 cd
3,0 / 2,0	41,4 bc	40,1 abcd
3,0 / 1,25	39,8 cd	40,9 a
3,0 / 0,75	43,0 ab	39,6 abcd
1,0 / 3,0	38,9 cd	38,5 abcd
1,0 / 1,25	38,4 d	37,7 d
1,0 / 0,75	38,4 d	40,3 abc
0 / 3,0	31,6 f	32,8 e
0 / 1,25	34,6 e	37,9 cd
0/0,75	33,0 ef	38,1 bcd
0 / 21 (AN)	38,3 d	40,5 ab
Médias	38,58	38,53
CV (%)	6,13	5,56

* Os valores não seguidos pela mesma letra na vertical, dentro dos fatores temperatura ou concentrações de gases, diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

Os menores valores de degenerescência da polpa e "bitter pit" foram obtidos nas condições de 3%CO₂ e 0,75%O₂ e 3%CO₂ e 2%O₂. Estas concentrações estão bastante próximas as recomendadas por MEHERIUK (1990), de 1% a 3% CO₂ e 1% a 2% O₂, o qual salienta também a sensibilidade desta cultivar a altas concentrações de CO₂, que causariam distúrbios fisiológicos. Menor incidência de podridões ocorreu nas

concentrações de 5%CO₂ e 1,25%O₂; 3%CO₂ e 0,75%O₂; 3%CO₂ e 2%O₂. SOMMER *et al.* (1981) mostraram uma correlação entre o aumento das concentrações de CO₂ e a diminuição do O₂ com a redução do crescimento de fungos, indicando a importância de uma alta concentração de CO₂ (≥3,0%) e baixa de oxigênio no controle de podridões.

TABELA 2 - Acidez titulável de maçãs 'Gala' após armazenamento em diferentes temperaturas e condições de atmosfera normal (AN) e controlada (AC).

Tratamentos	Firmeza de Polpa (N/cm ²)	
	Saída da câmara	Após 7 dias temp. amb.
Temperaturas		
0,5°C	3,8b*	3,6a
2,5°C	3,9a	3,2b
Conc. %CO₂ e %O₂		
5,0 / 1,25	4,4a	4,0a
3,0 / 3,0	4,1b	3,8b
3,0 / 2,0	4,2ab	3,7 b
3,0 / 1,25	4,1b	3,7b
3,0 / 0,75	4,4a	3,7b
1,0 / 3,0	4,1b	3,6b
1,0 / 1,25	4,1b	3,6b
1,0 / 0,75	4,2ab	3,6b
0 / 3,0	3,4c	3,1c
0 / 1,25	2,9d	2,9c
0/0,75	3,6c	3,1c
0 / 21 (AN)	2,9d	2,7d
Médias	3,87	3,46
CV (%)	5,43	5,33

* Os valores não seguidos pela mesma letra na vertical, dentro dos fatores temperatura ou concentrações de gases, diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 3 - Sólidos solúveis totais de maçãs 'Gala' após armazenamento em diferentes temperaturas e condições de atmosfera normal (AN) e controlada (AC).

Tratamentos	Firmeza de Polpa (N/cm ²)	
	Saída da câmara	Após 7 dias temp. amb.
Temperaturas		
0,5°C	11,1b*	10,7a
2,5°C	11,5a	9,5b
Conc. %CO₂ e %O₂		
5,0 / 1,25	11,5ab	10,8a
3,0 / 3,0	11,3ab	9,9c
3,0 / 2,0	11,4ab	10,0c
3,0 / 1,25	11,0ab	10,6ab
3,0 / 0,75	10,6b	10,9a
1,0 / 3,0	12,0a	10,2bc
1,0 / 1,25	11,5ab	10,6ab
1,0 / 0,75	11,8ab	10,6ab
0 / 3,0	11,2ab	8,0e
0 / 1,25	10,9ab	9,3d
0/0,75	11,4ab	10,2bc
0 / 21 (AN)	10,7ab	10,1bc
Médias	11,28	10,10
CV (%)	10,08	5,02

• Os valores não seguidos pela mesma letra na vertical, dentro dos fatores temperatura ou concentrações de gases, diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

•
 Numa análise conjunta dos resultados constatou-se que o efeito das concentrações de CO₂ e O₂ sobre os

parâmetros avaliados evidenciam que concentrações de CO₂ entre 3% e 5% e concentrações de O₂ entre 0,75%

e 2% diminuíram as perdas devido a distúrbios fisiológicos e podridões e mantiveram as qualidades físico-químicas em níveis mais elevados.

Na condição de atmosfera normal, nas duas

temperaturas, os frutos apresentaram rápida perda de qualidade, sendo que após cinco meses os frutos apresentavam qualidade insatisfatória para a comercialização e consumo.

TABELA 4 - Degenerescência da polpa de maçãs 'Gala' após armazenamento em diferentes temperaturas e condições de atmosfera normal (AN) e controlada (AC).

Tratamentos	Firmeza de Polpa (N/cm ²)	
	Saída da câmara	Após 7 dias temp. amb.
Temperaturas		
0,5°C	6,3a*	11,9a
2,5°C	2,9b	0,9b
Conc. %CO₂ e %O₂		
5,0 / 1,25	5,0bc	7,9ab
3,0 / 3,0	6,3bc	9,1ab
3,0 / 2,0	0,0e	2,5b
3,0 / 1,25	7,5b	7,5ab
3,0 / 0,75	0,0e	6,3ab
1,0 / 3,0	1,3de	5,0b
1,0 / 1,25	3,8bc	6,3ab
1,0 / 0,75	3,0bcd	3,8b
0 / 3,0	17,0a	14,2a
0 / 1,25	2,3de	6,3ab
0/0,75	7,8b	5,0b
0 / 21 (AN)	2,5cde	5,0b
Médias	4,7	6,5
CV (%)	59,2	66,5

* Os valores não seguidos pela mesma letra na vertical, dentro dos fatores temperatura ou concentrações de gases, diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 5 - Incidência da rachadura dos frutos, podridões e bitter pit em maçãs 'Gala' após armazenamento em diferentes temperaturas e condições de atmosfera normal (AN) e controlada (AC).

Tratamentos %CO ₂ e %O ₂	Rachaduras (%)		Podridões (%)		"Bitter Pit" (%)	
	0,5 °C	2,5 °C	0,5 °C	2,5 °C	0,5 °C	2,5 °C
5,0 / 1,25	0 e	1 c	0 d	0 d	0 c	4 b
3,0 / 3,0	1 d	0 d	1 c	1 c	0 c	4 b
3,0 / 2,0	2 cd	0 d	1 c	0 d	0 c	2 c
3,0 / 1,25	17 b	2 c	2 bc	2 c	0 c	6 ab
3,0 / 0,75	0 e	0 d	0 d	2 c	0 c	2 c
1,0 / 3,0	2 cd	0 d	1 c	4 bc	0 c	4 b
1,0 / 1,25	3 c	0 d	1 c	2 c	0 c	3 bc
1,0 / 0,75	5 c	0 d	2 c	0 d	0 c	4 b
0 / 3,0	29 a	16 a	0 d	5 bc	4 b	8 a
0 / 1,25	13 b	0 d	3 b	29 a	5 a	4 b
0 / 0,75	15 b	10 b	2 bc	4 bc	7 a	7 a
0 / 21,0 (AN)	3 c	7 b	6 a	6 b	4 b	6 ab
Médias	7,5	3,0	1,6	4,6	1,7	4,5

* Os valores não seguidos pela mesma letra na vertical diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados deste trabalho conclui-se que maçã, cultivar Gala, armazenada em AC, mantém melhor firmeza de polpa, com menor ocorrência de podridões e "bitter pit", na temperatura de 0,5°C. Há menor manifestação de degenerescência da polpa e rachadura dos frutos na temperatura de 2,5°C.

O melhor efeito na manutenção da qualidade das maçãs, armazenadas em atmosfera controlada, é obtida utilizando concentração de CO₂ entre 3% a 5% e de O₂ entre 0,75% a 2,0%, que diminuem distúrbios fisiológicos e podridões dos frutos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Associação Brasileira de Produtores de Maçã 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.**, East Lansing, v.91, p.810-820, 1967.
- BENDER, R.J. Controlled atmosphere storage of apples cv. Gala in southern Brazil. **Acta Horticulturae**. Wageningen, n.258, p.221-223, 1989.
- BOHLING, H.; HANSEN, H. Untersuchungen ueber das Lagerungsverhalten von Apfeln in kontrollierten Atmosphaeren mit sehr niedrigen Sauerstoffanteilen. **Erwerbsobstbau**, Berlin, v.27, n.4, p.80-84, 1985.
- BRACKMANN, A. Produção de etileno, CO₂ e aroma de cultivares de maçã. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.14, n.1, p.103-108, 1992.
- BRACKMANN, A.; MAZARO, S.M; BORTOLUZZI, G. Qualidade da maçã Fuji sob condições de atmosfera controlada. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.25, n.2, p.215-218, 1995.
- EAVES, C.A., FORSYTH, F.R., LEEFE, J.S., LOCKHART, C.L. Effect of varying concentrations of oxygen with and without CO₂ on senescent changes in stored McIntosh apples grow under two levels of nitrogen fertilization. **Can. J. plant. Sci.**, Ottawa, v.44, p. 458-465, 1964.
- EBERT, A. Distúrbios fisiológicos. In: Manual da Cultura da Macieira. Florianópolis, EMPASC, p.493-520, 1986.
- HANSEN, H., ZANON, K. Apfelsorte 'Gala' und ihre Mutante 'Royal Gala'. **Erwerbsobstbau**, Berlin, v.24, p.105-108, 1982.
- MEHERIUK, M. Cotrolled atmosphere storage of apples; a survey. **Postharvest News and Informations**. London, v.1, n.2, p.119-121, 1990.
- NORTH, C. J., COCKBURN, J.T. Effects of increased concentrations of CO₂ on the storage of Cox'Orange Pippin apples in 1%O₂. **Report of East Malling Research Station for 1977**, Kent, p.146-147, 1978.
- PORRIT, S.W. The effect of oxygen and low concentrations of carbon dioxide on the quality of apples stores in controlled atmosphere. **Can. J. Plant. Sci.**, Ottawa, v.46, p.317-321, 1966.
- SOMMER, N.F., FORTLAGE, R. J.; BUCHANA, J.R.; KADER, A.A. Effect of oxygen on carbon monoxide suppression of postharvest pathogens of fruits. **Plant Disease**, v.65, n.4, p.347-349, 1981.
- STREIF, J. Qualitätsprobleme bei Apfellagerum. **Obstbau**, Berlin, v.10, p.177-179, 1985.
- STREIF, J. Hinweise zur Lagerung von Apfeln. **Obst und Garten**, Stuttgart, v.10, p.480, 1990.