

# TEMPERATURA E OTIMIZAÇÃO DA ATMOSFERA CONTROLADA PARA O ARMAZENAMENTO DE MAÇÃ 'GALA'

## TEMPERATURE AND OPTIMIZATION CONDITIONS FOR CONTROLLED ATMOSPHERE STORAGING OF 'GALA' APPLE

BRACKMANN, Auri<sup>1</sup>; PINTO, Josuel A. V.<sup>2</sup>; NEUWALD, D. A.<sup>3</sup>; GIEHL, Ricardo F. H.<sup>4</sup>; SESTARI Ivan<sup>5</sup>

### - NOTA TÉCNICA -

#### RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da temperatura de armazenamento e de condições de atmosfera controlada sobre a qualidade da maçã cv. Gala. Após 8,5 meses de armazenamento, na saída da câmara, a firmeza de polpa foi maior nos frutos submetidos às pressões parciais de 1,0 kPa O<sub>2</sub> + 2,0 kPa CO<sub>2</sub> e 1,5 kPa O<sub>2</sub> + 2,0 kPa CO<sub>2</sub> na temperatura de 0,5°C. Após sete dias a 20°C, a firmeza de polpa não diferiu entre os tratamentos em atmosfera controlada, e a incidência de podridão foi menor nos frutos dos tratamentos armazenados em 1,5 kPa O<sub>2</sub> + 2,0 kPa CO<sub>2</sub> e 1,0 kPa O<sub>2</sub> + 2,0 kPa CO<sub>2</sub> a 0,5°C e 1,0 kPa O<sub>2</sub> + 2,5 kPa CO<sub>2</sub> a 0°C. A coloração de fundo da epiderme manteve-se mais esverdeada nos frutos dos tratamentos com pressões parciais de 1,5 kPa O<sub>2</sub> + 2,0 kPa CO<sub>2</sub> e 1,0 kPa O<sub>2</sub> + 2,5 kPa CO<sub>2</sub> com 0,4 kPa de O<sub>2</sub> nos primeiros 14 dias de armazenamento, ambos mantidos na temperatura de 0,5°C. Frutos rachados somente foram observados na saída da câmara, havendo maior incidência em armazenamento refrigerado, na temperatura de 0,5°C.

Palavras-chave: *Malus domestica* Borkh., pós-colheita, qualidade.

A maçã cultivar Gala é muito explorada, devido sua grande aceitação no mercado por ser crocante, muito suculenta e saborosa. Porém, é uma cultivar precoce, apresenta alta atividade respiratória, o que reduz sua longevidade no armazenamento, dificultando o abastecimento do mercado na entressafra principalmente a partir do mês de setembro.

O abaixamento da temperatura durante o armazenamento diminui a respiração das maçãs e retarda o amadurecimento. A temperatura de armazenamento para a maioria das cultivares varia de -1°C a 0°C em virtude da suscetibilidade dos frutos aos distúrbios fisiológicos causados pelo frio (JOHNSON et al., 1989). Para a cultivar Gala, BRACKMANN et al. (1996) obtiveram frutos com firmeza de polpa mais elevada em temperatura de 0,5°C e BENDER (1989) observou melhores resultados usando a temperatura entre 0°C e 1°C. O armazenamento refrigerado, apesar de ser muito utilizado, não é indicado para o armazenamento por longos períodos, pois considera apenas o controle da temperatura e da umidade relativa do ar (SAQUET, 1997).

O armazenamento em atmosfera controlada, que consiste em reduzir as pressões parciais de O<sub>2</sub> e aumentar as de CO<sub>2</sub>, permite prolongar o período de conservação das maçãs comparado com o armazenamento refrigerado.

A redução da temperatura, da pressão parcial de O<sub>2</sub> e o aumento do CO<sub>2</sub> conjuntamente, ocasionam uma diminuição nas taxas de produção de etileno, respiração, perda de firmeza e mudança de cor nos frutos, indicando um efeito generalizado sobre o controle do metabolismo (BARTLEY, 1986).

O abaixamento da concentração de O<sub>2</sub> é necessário para reduzir a respiração. Contudo, deve-se observar um valor mínimo entre 1 kPa e 3 kPa para evitar a respiração anaeróbica, que resulta na formação de álcool pelos tecidos do fruto (KADER, 1985). O CO<sub>2</sub>, quando em níveis elevados, também diminui a taxa respiratória nos frutos (KADER, 1985). A baixa pressão parcial de O<sub>2</sub> e alta de CO<sub>2</sub> apresentam um efeito aditivo e reduzem mais a respiração do que quando utilizados individualmente (KADER, 1985). STREIF (1990) considera como boas condições de armazenamento da cultivar Gala as pressões parciais de 1,5 a 3kPa de O<sub>2</sub> e 4kPa de CO<sub>2</sub>, e temperatura de 0°C a 1°C. SAQUET et al. (1997) armazenaram satisfatoriamente a maçã 'Gala', por oito meses nas pressões de 1kPa de O<sub>2</sub> e 2 e 3kPa de CO<sub>2</sub> à temperatura de 1°C.

Em função da divergência de informações existentes na literatura quanto à melhor condição de armazenagem para a maçã 'Gala', o presente trabalho objetivou avaliar o efeito da temperatura e diferentes pressões parciais de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> sobre a qualidade desta cultivar armazenada sob refrigeração e atmosfera controlada.

O experimento foi realizado no Núcleo de Pesquisa em Pós-Colheita (NPP) do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria – RS, com frutos da cultivar Gala, colhidos em um pomar comercial pertencente a empresa Agropecuária Schio, localizado no município de Vacaria – RS. Ainda na empresa, os frutos foram selecionados no momento da colheita junto aos bins. Após o transporte para NPP/UFSM, em Santa Maria, procedeu-se nova seleção e, em seguida, foram homogeneizadas as amostras experimentais.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com 4 repetição de 20 frutos, sendo que 10 frutos foram

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

<sup>2</sup> Acadêmico do curso de Agronomia da UFSM. Bolsista FAPERGS. E-mail: josuelpinto@bol.com.br

<sup>3</sup> Eng. Agr., doutorando do PPGA da UFSM. Bolsista CAPES. E-mail: daneuwald@bol.com.br

<sup>4</sup> Eng. Agr., mestrando do PPGA da UFSM. Bolsista CNPq. E-mail: hetgiehl@yahoo.com.br

<sup>5</sup> Eng. Agr., mestrando do PPGA da UFSM. Bolsista CNPq. E-mail: isestari@yahoo.com.br

analisados na saída da câmara e os outros 10, após sete dias de exposição a 20°C.

Para o armazenamento foram utilizadas câmaras frigoríficas de 45 m<sup>3</sup>, dentro destas, os frutos foram acondicionados em minicâmaras com capacidade de 0,232 m<sup>3</sup>. Durante o armazenamento as minicâmaras para atmosfera controlada foram conectadas, por tubulação plástica, a um equipamento de controle automático das pressões parciais de gases, da marca Kronenberger/Climasul. As amostras em armazenamento refrigerado também foram acondicionadas em minicâmaras, para manter uma umidade relativa de  $\pm 96\%$  como a proporcionada nas minicâmaras de atmosfera controlada. Após a acomodação das amostras dentro das minicâmaras, os frutos dos tratamentos 1, 2 e 3 que estavam submetido ao armazenamento refrigerado teve a temperatura estabelecida, já, os demais tratamentos que estavam sob atmosfera controlada tiveram a concentração de gases preestabelecido conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Condições de armazenamento da maçã cv. Gala avaliadas no experimento. Santa Maria, RS, 2005.

Tratamento	Temperatura	O <sub>2</sub> (kPa)	CO <sub>2</sub> (kPa)
1	- 0,5°C	20,8	<0,05
2	0,5°C	20,8	<0,05
3	1,0°C	20,8	<0,05
4	0,5°C	1,0	2,5
5	0,5°C	1,0	2,0
6	0,5°C	1,0	3,0
7	0,5°C	1,5	2,0
8*	0,5°C	1,0	2,5
9	0,5°C	0,8	2,5
10	0,0°C	1,0	2,5

\* Nesse tratamento os frutos permaneceram em 0,4kPa de O<sub>2</sub> nos primeiros 14 dias de armazenamento.

As pressões parciais iniciais de O<sub>2</sub> foram obtidas pelo princípio de diluição com a varredura do O<sub>2</sub> através da injeção do gás inerte nitrogênio, proveniente de um gerador que utiliza o sistema "Pressure Swing Adsorption" (PSA), até a obtenção da pressão parcial preestabelecida. As pressões parciais de CO<sub>2</sub> foram obtidas através da injeção deste gás, proveniente de um cilindro de alta pressão, nas minicâmaras.

Para a manutenção dos níveis de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>, que se modificavam em função do metabolismo dos frutos, foram realizadas diariamente análises e correções das pressões parciais dos gases, pelo sistema automático de controle de gases. Assim, para recompor o O<sub>2</sub> consumido na respiração dos frutos, injetou-se ar atmosférico nas minicâmaras e o CO<sub>2</sub>, produzido pela respiração, foi retirado através de um absorvedor contendo uma solução de hidróxido de potássio (40%).

As temperaturas de armazenamento foram reguladas por um termostato de alta precisão, sendo durante todo o período de armazenamento, monitoradas por termômetros com bulbo de mercúrio introduzidos na polpa de frutos, permitindo-se uma oscilação de  $\pm 0,2^\circ\text{C}$ .

Depois de oito meses e meio de armazenamento, os frutos foram retirados das minicâmaras e cada amostra foi dividida em duas sub-amostras, ou seja, como cada amostra tinha 20 frutos utilizou-se 10 frutos na análise da saída da câmara e os outros 10 foram analisados após sete dias de exposição a 20°C. Essa última análise teve como objetivo simular o período de comercialização dos frutos. Nas

avaliações foram analisados os parâmetros: firmeza de polpa, podridão, acidez titulável e frutos rachados conforme metodologia descrita em BRACKMANN & SAQUET (1995). Já a cor de fundo da epiderme foi determinada utilizando-se um colorímetro eletrônico, marca Minolta, que efetua a leitura da cor em escala tridimensional  $L^*a^*b^*$  (CIELab), sendo que o índice de cor de fundo da epiderme foi calculado pela soma dos valores de "a" e "b". Para a incidência de podridões, as médias foram expressas pelo somatório da podridão na saída da câmara e aos sete dias de exposição a 20°C.

Para cada parâmetro avaliado foi efetuada uma análise de variância. As variáveis podridão e frutos rachados, expressas em porcentagem, foram transformadas pela fórmula  $\text{arc.sen}\sqrt{x}/100$ , e depois, juntamente com os demais parâmetros, foram comparadas pelo teste de Duncan com 5% de probabilidade de erro.

Após 8,5 meses de armazenamento, constatou-se, tanto na saída da câmara como aos sete dias de exposição a 20°C, que a firmeza de polpa dos frutos mantidos em armazenamento refrigerado foi significativamente menor do que os frutos mantidos em atmosfera controlada (Tabela 2). A maior perda de firmeza observada no armazenamento refrigerado foi devido à maturação mais rápida dos frutos em armazenamento refrigerado, em comparação aos tratamentos em atmosfera controlada. As condições de AC reduzem a respiração e a produção de etileno dos frutos (LAU, 1985). No armazenamento refrigerado a temperatura de  $-0,5^\circ\text{C}$  manteve uma firmeza de polpa, na saída da câmara, em valores superiores que as temperaturas de  $0,5^\circ\text{C}$  e  $1,0^\circ\text{C}$ .

No armazenamento em atmosfera controlada observou-se, na saída da câmara, uma maior firmeza de polpa nos tratamentos com 1,0 kPa O<sub>2</sub> + 2,0 kPa CO<sub>2</sub> e 1,5 kPa O<sub>2</sub> + 2,0 kPa CO<sub>2</sub>. Após sete dias de exposição dos frutos a 20°C não foi observada diferença estatística entre os tratamentos em atmosfera controlada (tabela 2).

Todos os tratamentos apresentaram incidência de podridões, porém, aos sete dias, o tratamento com 1,5 kPa O<sub>2</sub> + 2,0 kPa CO<sub>2</sub> e 1,0 kPa O<sub>2</sub> + 2,0 kPa CO<sub>2</sub>, na temperatura de  $0,5^\circ\text{C}$  e 1,0 kPa O<sub>2</sub> + 2,0 kPa CO<sub>2</sub>, na temperatura de  $0^\circ\text{C}$ , apresentaram os menores valores (Tabela 3). Este resultado está de acordo com BRACKMANN & SAQUET (1995), que afirmam que maçã Gala armazenados em alto CO<sub>2</sub> e/ou baixo O<sub>2</sub>, apresentam menor incidência de podridão.

A cor de fundo da epiderme, na saída da câmara e após sete dias de exposição a 20°C, esteve mais verde em atmosfera controlada quando comparada com armazenamento refrigerado (Tabela 2 e 3). Em armazenamento refrigerado, os frutos submetidos a  $1,0^\circ\text{C}$  tiveram uma maior evolução da cor verde para o amarelo. Este resultado leva a concluir que um leve aumento da temperatura de armazenamento permite uma maior degradação da clorofila. Em atmosfera controlada as condições de armazenamento com 1,5 kPa O<sub>2</sub> + 2,0 kPa CO<sub>2</sub> e 1,0 kPa O<sub>2</sub> + 2,5 kPa CO<sub>2</sub> com 0,4kPa O<sub>2</sub> nos primeiros 14 dias de armazenamento, ambos a  $0,5^\circ\text{C}$ , proporcionaram frutos mais verdes (Tabela 2 e 3). Segundo SAQUET (1997), as maçãs, no estágio pré-climatérico, expostas a elevadas pressões parciais de CO<sub>2</sub>, têm a degradação das clorofilas bloqueadas, pois a exposição ao CO<sub>2</sub> atrasa a síntese proteica que ocorre durante o climatérico.

A incidência de rachaduras foi observada somente na saída da câmara sendo mais elevada no tratamento em armazenamento refrigerado na temperatura de  $0,5^\circ\text{C}$  (Tabela 2). A baixa ocorrência de rachaduras em  $-0,5^\circ\text{C}$  e  $1,0^\circ\text{C}$  e a alta incidência deste dano a  $0,5^\circ\text{C}$  é de difícil explicação.

Talvez uma pequena variação de umidade relativa entre as minicâmaras possa justificar esta diferença. De acordo com EBERT(1986), a ocorrência de rachadura nos frutos após o período de armazenamento, está relacionado com a avançada maturação dos frutos. Fatores pré-colheita, como variações extremas de umidade e excesso de adubação nitrogenada podem aumentar a incidência de frutos rachados após longos períodos de armazenamento.

Em atmosfera controlada os frutos mantiveram uma acidez titulável maior em comparação com os frutos em armazenamento refrigerado, tanto na saída da câmara, quanto

após sete dias de exposição a 20°C. A temperatura de armazenamento refrigerado não influenciou este parâmetro. Após sete dias a 20°C os frutos submetidos a pressão parcial de 1,0 KPa O<sub>2</sub> + 2,5 KPa CO<sub>2</sub> na temperatura de 0°C mantiveram a maior acidez titulável (Tabela 3). Este resultado demonstra que a redução da concentração do O<sub>2</sub>, no armazenamento, inibe enzimas responsáveis pela degradação do ácido málico, principal ácido constituinte da acidez das maçãs e reduz a atividade das oxidases da cadeia respiratória, provocando o decréscimo do metabolismo respiratório.

Tabela 2 - Qualidade de maçã 'Gala' após 8,5 de armazenamento refrigerado e em atmosfera controlada. Santa Maria, RS, 2005.

Tratamentos		Firmeza de polpa (N)	Rachadura (%)	Cor de fundo (a+b)	Acidez Titulável
Temperatura	O <sub>2</sub> +CO <sub>2</sub> (kPa)				
- 0,5°C	20,8 + <0,2(AR)	48,8b*	5,0b	51,6b	2,47c
0,5°C	20,8 + <0,2(AR)	38,1c	23,7a	52,0b	1,55d
1,0°C	20,8 + <0,2(AR)	36,9c	0,0b	62,2a	2,27c
0,5°C	1,0 + 2,5	-	0,0b	45,4cd	2,98b
0,5°C	1,0 + 2,0	60,4a	1,2b	46,6c	3,99a
0,5°C	1,0 + 3,0	49,5b	2,5b	46,6c	3,76a
0,5°C	1,5 + 2,0	59,0a	2,5b	41,0e	4,11a
0,5°C	1,0 + 2,5**	49,5b	3,7b	42,6de	3,72a
0,5°C	0,8 + 2,5	53,6ab	2,5b	45,9c	3,95a
0,0°C	1,0 + 2,5	53,0ab	3,9b	47,6c	3,89a
C.V.(%)	-	11,7	29,4	4,3	8,34

\*Tratamentos com médias não seguidas pelas mesmas letras diferem estatisticamente pelo teste de Duncan(5%).

\*\*Submetido por 14 dias a 0,4kPa O<sub>2</sub>.

Tabela 3 – Qualidade de maçã 'Gala' após 8,5 meses de armazenamento refrigerado e em atmosfera controlada mais sete dias a 20°C. Santa Maria, RS, 2005.

Tratamentos		Firmeza de polpa (N)	Podridão (%)	Cor de fundo (a+b)	Acidez Titulável
Temperatura	O <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> (kPa)				
- 0,5°C	20,8 + <0,2(AR)	47,3b*	61,2cde	53,2b	2,22d
0,5°C	20,8 + <0,2(AR)	41,5b	89,2a	54,4b	2,0d
1,0°C	20,8 + <0,2(AR)	41,4b	87,5ab	61,5a	2,23d
0,5°C	1,0 + 2,5	61,1a	82,0abc	46,2cd	4,34abc
0,5°C	1,0 + 2,0	65,6a	37,5ef	46,5cd	3,98c
0,5°C	1,0 + 3,0	57,9a	71,7bcd	45,5cd	4,21bc
0,5°C	1,5 + 2,0	65,5a	33,9f	54,2d	4,49ab
0,5°C	1,0 + 2,5**	65,9a	77,2abc	44,0d	4,49ab
0,5°C	0,8 + 2,5	62,6a	71,9bcd	46,9cd	4,41ab
0,0°C	1,0 + 2,5	64,9a	47,5def	47,5c	4,66a
C.V.(%)	-	11,7	18,5	3,7	7,14

\*Tratamentos com médias não seguidas pelas mesmas letras diferem estatisticamente pelo teste de Duncan(5%).

\*\*Submetido por 14 dias a 0,4kPa O<sub>2</sub>.

No armazenamento refrigerado de maçã 'Gala' a temperatura de -0,5°C, apresenta os melhores resultados, pois mantém os frutos com maior firmeza de polpa e cor de fundo da epiderme mais verde.

Em atmosfera controlada uma pressão parcial de O<sub>2</sub> entre 1,0 e 1,5 KPa associado com 2,0 KPa CO<sub>2</sub> é a melhor condição para o armazenamento da maçã 'Gala', pois proporciona frutos com maior firmeza de polpa, menor incidência de podridão e cor da epiderme mais verde.

#### ABSTRACT

This work aimed to evaluate the effect of storage temperature and controlled atmosphere conditions in the quality of 'Gala' apples. After 8.5 months, fruits stored in 1.0 kPa O<sub>2</sub> + 2.0 kPa CO<sub>2</sub> and 1.5 kPa O<sub>2</sub> + 2.0 kPa CO<sub>2</sub> under 0.5°C showed higher pulp firmness. After

7 days exposure to 20°C, there was no difference between CA conditions. Decay incidence was lower in fruits stored in 1.5 kPa O<sub>2</sub> + 2.0 kPa CO<sub>2</sub> at 0.5°C and 1.0 kPa O<sub>2</sub> + 2.0 kPa CO<sub>2</sub> at 0.5°C and 1.0 kPa O<sub>2</sub> + 2.5 kPa CO<sub>2</sub> at 0.5°C. Skin color was greener in fruits stored in 1.5 kPa O<sub>2</sub> + 2.0 kPa CO<sub>2</sub> and 1.0 kPa O<sub>2</sub> + 2.5 kPa CO<sub>2</sub> after the fruits had been exposed to 0.4 kPa O<sub>2</sub> during 14 days, both at 0.5°C. Fruit splitting was observed only at chambers opening, when cold stored fruits at 0.5°C showed the highest incidence.

Key words: *Malus domestica* Borkh., postharvest, quality.

#### REFERÊNCIAS

BARTLEY, I. M. Changes in sterol and phospholipid composition of apples during storage at low temperature and

- low oxygen concentration. **Journal of Science of Food Agriculture**, London, v.37, p.31-36, 1986.
- BENDER, R J. Controlled atmosphere storage of apples cv. Gala in southern Brazil. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 258, p.221-223, 1989.
- BOTOLUZZI, G. **Efeito das temperaturas de armazenamento e condições de atmosfera controlada sobre a qualidade da maçã 'Fuji'**. 1997. 93f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Universidade Federal de Santa Maria, 1997.
- BRACKMANN, A., GONÇALVES, E. D., SAQUET, A. A. Efeito de tratamentos com altas concentração de CO<sub>2</sub> sobre a qualidade de maçãs 'Golden Delicious' armazenadas em atmosfera controlada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.26, n. 2, p.181-184, abr./jun. 1996.
- BRACKMANN, A.; SAQUET, A.A. Armazenamento de maçã cv. Gala em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.1, n.2, p.55-60, 1995.
- EBERT, A. Distúrbios fisiológicos. In: EMPASC (ed.). **Manual da Cultura da Macieira**. Florianópolis: EMPASC, 1986. p. 493-520.
- HARDENBURG, R. E., WATADA, A. E., WANG, C. Y. **The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks**. Washington: USDA, 1986. 136p. (Agriculture Handbook, 66).
- JOHNOSON, D. S., BAILEY, T. C., RIDOUT, M. S. Meteorological nutritional data used to predict low temperature breakdown in tired Branley's Seedling apples. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.258, p.455-464, 1989.
- KADER, A. A. Na overview of the physiological and biochemical basic of CA effects on fresh horticultural crops. Em: BLANKENSHIP, S. M. (ed.). **Controlled Atmospheres for Storage and Transport of Perishable Agricultural Commodities**. Raleigh, p. 1-9, 1985.
- LAU, O. L. Storage responses of four apple cultivars to low-O<sub>2</sub> atmospheres. In NATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RES. CONFERENCE, 4, 1985, Raleigh. **Proceedings...** Raleigh, 1985. p. 43-56.
- SAQUET, A.; BRACKMANN, A., STORCK, L. Armazenamento de maçã 'Gala' sob diferentes temperaturas e concentrações de Oxigênio e Gás Carônico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 27, n. 3, p. 399-405, 1997.
- SAQUET, A., A. **Efeito das temperaturas e concentração de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> sobre a qualidade da maçã cultivar Gala durante o armazenamento em atmosfera controlada**. 1997. 105f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1997.
- STREIF, J. Hinweise zur Lagerung von Äpfeln. **Obst und Garten**, Stuttgart, v. 10, p.480, 1990.