

Condições de atmosfera controlada para o armazenamento de maçãs ‘Royal Gala’ de diferentes tamanhos¹

Controlled atmosphere-storage conditions for ‘Royal Gala’ apples of different sizes

Auri Brackmann² Ricardo Fabiano Hettwer Giehl³ Rose Beatriz Antes⁴
Daniel Alexandre Neuwald³ Ivan Sestari³ Josuel Alfredo Vilela Pinto⁵

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de condições de atmosfera controlada sobre a conservação da qualidade de maçãs ‘Royal Gala’ de tamanho pequeno (5-6cm de diâmetro) e grande (8-9cm de diâmetro). Os frutos foram armazenados durante oito meses em atmosfera controlada, seguido de sete dias a 20°C. De acordo com os resultados obtidos, verificou-se que a condição de atmosfera controlada com 1,5kPa de O₂ + 3,0kPa de CO₂ permitiu melhor conservação dos frutos pequenos, por permitir menor ocorrência de degenerescência interna e elevados valores de acidez titulável. Em relação aos frutos grandes, a condição de atmosfera controlada com 1,0kPa de O₂ + 3,0kPa de CO₂ foi a mais adequada, pois permitiu uma maior firmeza de polpa e elevados valores de acidez titulável. Os frutos pequenos mantiveram a cor de fundo da epiderme mais verde e apresentaram menores incidências de podridões em relação aos frutos grandes.

Palavras-chave: *Malus domestica* Borkh., pós-colheita, conservação, atmosfera controlada.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of controlled atmosphere conditions on the quality of ‘Royal Gala’ apples of small-size (5-6cm of diameter) and large-size (8-9cm of diameter). Fruit were kept during 8 months in controlled atmosphere, followed by 7 days of shelf-life at 20°C. According to the results, controlled atmosphere with 1.5kPa O₂ + 3.0kPa CO₂ decreased internal breakdown and maintained the highest level of titratable acidity on small size fruit. Large

size fruit stored on controlled atmosphere condition with 1.0kPa O₂ + 3.0kPa CO₂ had higher flesh firmness and elevated titratable acidity, showing therefore better quality than fruits stored on the other evaluated conditions. Small size fruit maintained greener skin background colour and lower rot incidence than large size fruit.

Key words: *Malus domestica* Borkh., postharvest, conservation, controlled atmosphere.

INTRODUÇÃO

A maçã ‘Royal Gala’, mutante da cv. Gala, está tendo um crescente aumento na sua produção e, por apresentar coloração da epiderme mais vermelha e intensa, tamanho médio e sabor doce, enquadra-se dentro das exigências do consumidor brasileiro (FREIRE et al., 1994).

Devido ao aumento da exigência do nível de qualidade e da produção de maçã concentrada em um curto período do ano, faz-se necessário o uso de armazenamento, para regular a oferta e o preço da maçã e assim atender o mercado consumidor por um longo período. Durante o armazenamento, são estabelecidas condições que retardam os processos fisiológicos e bioquímicos de amadurecimento do fruto.

¹Giehl, Neuwald e Sestari, bolsistas do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Pinto, bolsista do Fundo de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS).

²Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: brackman@ccr.ufsm.br Autor para correspondência.

³Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGA) da UFSM. Santa Maria, RS, Brasil.

⁴Programa de Pós-graduação em Fitotecnia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

⁵Curso de Agronomia da UFSM. Santa Maria, RS, Brasil.

Com baixas temperaturas, os processos metabólicos são reduzidos, principalmente a respiração (KADER, 1986). Em atmosfera controlada, a respiração pode ser reduzida em até 50%, quando comparada com a taxa respiratória do produto armazenado sob refrigeração na mesma temperatura (CHITARRA & CHITARRA, 1990). O armazenamento em atmosfera controlada é um método que permite maior tempo de conservação, pois combina baixas temperaturas, alta umidade e controle das pressões parciais de O_2 e CO_2 no interior das câmaras, o que diminui a atividade respiratória.

Considerando que cada cultivar tem uma exigência diferenciada de temperatura e atmosfera, estas devem ser armazenadas em atmosfera controlada conforme sua tolerância (BENDER, 1989). A maçã 'Royal Gala' pode ser armazenada por cinco meses com 2,0kPa de O_2 + 1,0kPa de CO_2 na temperatura de 0°C (TUGWELL & CHVYL, 1995). No entanto, STOW (1996) observou que, após três meses de armazenamento nesta mesma condição, houve grande perda de aroma.

Tendo em vista prolongar a oferta e a conservação da qualidade da maçã 'Royal Gala', este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes pressões parciais de O_2 e CO_2 sobre a conservação da qualidade de frutos de diferentes tamanhos, durante o armazenamento em atmosfera controlada.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Núcleo de Pesquisa em Pós-Colheita (NPP) do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, com frutos da cultivar Royal Gala, provenientes de um pomar comercial de Vacaria, RS.

Antes do armazenamento foi realizada uma seleção, eliminando-se os frutos com lesões ou defeitos. Após, as amostras experimentais foram homogeneizadas e compostas de acordo com o tamanho do fruto. Foram classificados como pequenos os frutos que apresentavam diâmetro entre 5 e 6cm, e como grandes os que apresentavam diâmetro entre 8 e 9cm. Os frutos pequenos e grandes apresentavam no momento da colheita, respectivamente: índice iodo-amido de 6,80 e 7,93; firmeza de polpa de 83,36 N e 77,40 N; e sólidos solúveis totais de 13,56° Brix e 14,3° Brix.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com quatro repetições, sendo as amostras experimentais compostas por 40 frutos. Os tratamentos constituíram-se da combinação de

diferentes condições de atmosfera controlada, com frutos grandes ou pequenos.

Os frutos foram armazenados em minicâmaras experimentais de atmosfera controlada, com volume de 232 litros, acondicionadas no interior de uma câmara frigorífica com volume de 45m³ e regulada na temperatura de 0,5°C. Apenas um tratamento foi mantido em temperatura de -0,5°C. Depois do fechamento das minicâmaras, foi realizada a instalação das atmosferas, através da injeção de N_2 até a obtenção da pressão parcial preestabelecida. As condições de armazenamento avaliadas foram: 0,8kPa O_2 + 2,5kPa CO_2 , 1,0kPa O_2 + 2,0kPa CO_2 , 1,0kPa O_2 + 2,5kPa CO_2 , 1,0kPa O_2 + 3,0kPa CO_2 , 1,2kPa O_2 + 3,0kPa CO_2 , 1,5kPa O_2 + 2,5kPa CO_2 , 1,5kPa O_2 + 3,0kPa CO_2 , além de 1,2kPa O_2 + 2,5kPa CO_2 nas temperaturas de +0,5° e -0,5°C. As pressões parciais de CO_2 foram obtidas através da injeção deste gás nas minicâmaras até as pressões parciais desejadas. O monitoramento das temperaturas foi feito diariamente, utilizando termômetros de mercúrio introduzidos na polpa de frutos.

Para a manutenção constante dos níveis de O_2 e CO_2 , estes foram monitorados e corrigidos diariamente. O monitoramento foi feito com um sistema de controle automático de gases da marca Kronenberger-Climasul. O O_2 consumido pela respiração foi repostado através da injeção de ar nas minicâmaras. O CO_2 em excesso foi absorvido por uma solução de hidróxido de potássio (40%), através da qual foram circulados os gases das minicâmaras. Após oito meses de armazenamento, os frutos foram retirados da câmara e submetidos a análises de ocorrência de podridões e determinação da respiração. Durante sete dias, os frutos foram expostos a uma temperatura de 20°C, com o objetivo de simular o período de comercialização. No sétimo dia após a saída das câmaras, foram avaliados os seguintes parâmetros: respiração, suculência, acidez total titulável, firmeza da polpa e cor da epiderme, conforme metodologia descrita em BRACKMANN & SAQUET (1995). Foram avaliados também os parâmetros: podridões e degenerescência interna. A degenerescência interna foi avaliada através de dois cortes na secção transversal dos frutos e determinada através da contagem dos frutos com sintomas típicos do distúrbio, que se caracteriza por regiões da polpa com escurecimento.

Os dados expressos em porcentagem foram transformados pela fórmula $arc.\text{sen} \sqrt{x/100}$ e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após oito meses de armazenamento em atmosfera controlada mais sete dias a 20°C, houve alta incidência de podridões nos frutos de todos os tratamentos, sendo maior na condição com 1,0kPa de O₂ + 2,0kPa de CO₂ (Tabela 1). Os frutos pequenos apresentaram menor incidência de podridões em relação aos frutos grandes. Segundo FIDLER et al. (1973), frutos grandes são mais suscetíveis à incidência de podridões e distúrbios fisiológicos, provavelmente por possuírem menor resistência física à penetração de patógenos.

Com relação à cor de fundo da epiderme, os frutos pequenos mantiveram-se mais verdes do que os grandes, sendo que 1,2kPa de O₂ + 3,0kPa de CO₂ foi a condição que manteve a coloração de fundo mais verde (Tabela 1). SAQUET et al. (1997), trabalhando com frutos da cv. Gala, verificaram que pressões parciais maiores de CO₂ mantém a coloração de fundo mais verde, comparados com aqueles armazenados com pressões parciais de CO₂ próximas a zero.

As variáveis respiração e produção de etileno foram avaliadas somente nos frutos pequenos (Tabela 2). Na saída da câmara, os frutos submetidos às condições de 1,2kPa de O₂ + 2,5kPa de CO₂ à temperatura de 0,5°C e 1,0kPa de O₂ + 2,5kPa de CO₂ apresentaram menor respiração. Após sete dias de climatização a 20°C, não se verificou diferença entre os tratamentos. A produção de etileno na saída da câmara foi menor nos frutos do tratamento com 1,0kPa de O₂ e 2,5kPa de CO₂ e 1,2kPa de O₂ e 2,5kPa de CO₂

a 0,5°C, sendo que após sete dias a 20°C não se observou mais diferença estatística entre as condições de atmosfera controlada avaliadas (Tabela 2).

Os resultados da análise da variância, para acidez titulável, firmeza de polpa e degenerescência interna, apresentaram interação significativa entre os fatores: tamanho de fruto e condição de armazenamento (Tabela 3). Em relação à acidez titulável, verificou-se que os frutos submetidos a 1,0kPa de O₂ + 3,0kPa de CO₂ apresentaram os menores valores de acidez titulável (Tabela 3). Esse resultado deve estar relacionado com a maior respiração e produção de etileno apresentada por esses frutos, já que os ácidos orgânicos são utilizados na respiração celular (BRACKMANN & SAQUET, 1995). Em frutos grandes, a condição de 1,5kPa de O₂ + 2,5kPa de CO₂ proporcionou maior acidez titulável que a condição de 0,8kPa de O₂ + 2,5kPa de CO₂, contrariando BORTOLUZZI (1997) que após nove meses de armazenamento de maçã 'Fuji' observou que a redução da pressão parcial de O₂ de 1,5kPa para 1,0 e 0,7kPa manteve maior nível de acidez titulável.

A firmeza da polpa nos frutos pequenos foi mais elevada na condição de 0,8kPa de O₂ + 2,5kPa de CO₂ (Tabela 3). Resultados semelhantes foram encontrados por BRACKMANN et al. (2000), em que o efeito do baixo O₂ manteve a firmeza da polpa mais elevada em maçãs cv. Gala. Em relação aos frutos grandes, entre as condições de atmosfera controlada a 0,5°C a que permitiu maior firmeza da polpa foi o

Tabela 1 - Ocorrência de podridões e cor de fundo da epiderme de maçãs 'Royal Gala', após oito meses de armazenamento em atmosfera controlada e mais sete dias de exposição a 20°C. Santa Maria, RS, 2003.

Condições		Incidência de podridões (%)			Cor de fundo da epiderme (a* + b*)		
kPa O ₂ +	Temp.	Frutos pequenos	Frutos grandes	Média	Frutos pequenos	Frutos grandes	Média
kPa CO ₂	(° C)						
0,8 + 2,5	0,5	50,3	93,1	71,7 b ¹	52,6	54,8	53,7 abc
1,0 + 2,0	0,5	80,8	97,9	89,3 a	53,4	56,1	54,7 abc
1,0 + 2,5	0,5	72,3	89,1	80,7 ab	50,3	55,2	52,7 bcd
1,0 + 3,0	0,5	66,0	89,0	77,5 b	54,4	55,8	55,1 abc
1,2 + 2,5	0,5	64,5	81,2	72,9 b	48,8	51,9	50,3 cd
1,2 + 2,5	-0,5	73,3	84,4	78,8 b	56,3	56,6	56,5 ab
1,2 + 3,0	0,5	55,8	86,6	71,2 b	47,6	48,5	48,1 d
1,5 + 2,5	0,5	55,1	89,5	72,3 b	56,4	60,2	58,3 a
1,5 + 3,0	0,5	73,4	87,1	80,2 b	49,6	55,4	52,5 bcd
Média		64,8 B	86,9 A		52,1 B	55,1 A	
CV (%)		15,67			8,15		

¹ Tratamentos com médias não seguidas pela mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 2 - Respiração e produção de etileno em maçãs 'Royal Gala' de tamanho pequeno (5-6cm de diâmetro), após oito meses de armazenamento em atmosfera controlada, na saída das câmaras e aos sete dias de exposição a 20°C. Santa Maria, RS, 2003.

Condições		Respiração	Etileno	Respiração	Etileno
kPa O ₂ +	Temperatura	(mLCO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)	(μL kg ⁻¹ h ⁻¹)	(mLCO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)	(μL kg ⁻¹ h ⁻¹)
kPa CO ₂	(° C)	saída da câmara	saída câmara	após 7 dias	após 7 dias
0,8 + 2,5	0,5	12,3 b ¹	1,750 bc	6,6 a	0,310 a
1,0 + 2,0	0,5	11,6 bc	2,360 b	10,0 a	0,290 a
1,0 + 2,5	0,5	10,0 c	1,065 c	8,6 a	0,420 a
1,0 + 3,0	0,5	17,1 a	3,675 a	8,9 a	0,400 a
1,2 + 2,5	0,5	9,8 c	1,050 c	8,7 a	0,530 a
1,2 + 2,5	-0,5	11,1 bc	1,250 bc	8,7 a	1,100 a
1,2 + 3,0	0,5	12,6 b	1,990 bc	8,3 a	0,555 a
1,5 + 2,5	0,5	13,1 b	2,200 bc	9,3 a	0,440 a
1,5 + 3,0	0,5	12,7 b	1,995 bc	7,4 a	1,020 a
CV (%)		7,40	26,21	15,46	70,05

¹ Tratamentos com médias não seguidas pela mesma letra, na vertical, diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro.

uso de 1,0kPa de O₂ + 3,0kPa de CO₂ (Tabela 3). Quanto ao efeito da temperatura de armazenamento na condição de atmosfera controlada com 1,2kPa de O₂ + 2,5kPa de CO₂, verificou-se que o uso de -0,5°C proporcionou maior firmeza da polpa em frutos grandes e menor valor em frutos pequenos (Tabela 3). BRACKMANN et al. (2001) verificaram maior firmeza da polpa em maçãs 'Royal Gala' armazenadas em atmosfera controlada a 0°C em comparação a aos frutos submetidos as mesmas condições à temperatura de -0,5°C.

Para ocorrência de degenerescência interna não houve diferença significativa entre os tratamentos para os frutos grandes (Tabela 3). No entanto, frutos pequenos submetidos à condição de 1,5kPa de O₂ + 3,0kPa de CO₂ apresentaram menor degenerescência interna. Resultados semelhantes foram relatados por NEUWALD et al. (2000), onde pressões parciais de 1,0kPa de O₂ + 3,0 kPa de CO₂ resultaram em menor incidência de degenerescência em maçãs 'Gala'.

Tabela 3 - Acidez titulável, firmeza da polpa e ocorrência de degenerescência interna em maçãs 'Royal Gala', após oito meses de armazenamento em atmosfera controlada e mais sete dias de exposição a 20°C. Santa Maria, RS, 2003.

Condições		Acidez titulável		Firmeza de polpa		Degenerescência interna	
kPa O ₂ +	Temp.	(meq 100mL ⁻¹)		(Newton)		(% frutos)	
kPa CO ₂	(° C)	Frutos pequenos	Frutos grandes	Frutos pequenos	Frutos grandes	Frutos pequenos	Frutos grandes
0,8 + 2,5	0,5	5,0 Aab ¹	4,7 Aab	66,7 Aa	60,7 Bbc	52,6 Aa	58,3 Aa
1,0 + 2,0	0,5	5,1 Aa	4,7 Aab	64,2 Aab	63,0 Aabc	37,4 Aa	49,9Aa
1,0 + 2,5	0,5	5,4 Aa	4,8 Aab	63,3 Aabc	60,4 Ac	47,9 Aa	62,4 Aa
1,0 + 3,0	0,5	4,4 Ab	5,0 Aab	62,3 Aabc	65,4 Aa	33,3 Aab	54,1 Aa
1,2 + 2,5	0,5	4,9 Aab	4,6 Aab	63,5 Aabc	65,2 Aab	33,3Bab	62,4 Aa
1,2 + 2,5	-0,5	5,2 Aa	4,3 Bb	61,8 Bbc	66,2 Aa	52,0 Aa	68,7 Aa
1,2 + 3,0	0,5	4,7 Aab	4,9 Aab	59,4 Ac	62,0 Aabc	16,6 Bbc	62,4 Aa
1,5 + 2,5	0,5	5,1 Aab	5,1 Aa	64,3 Aab	64,2 Aabc	31,2 Bab	56,2 Aa
1,5 + 3,0	0,5	5,3 Aa	4,7 Aab	62,5 Aabc	64,1 Aabc	12,4 Bc	58,3 Aa
CV (%)		8,39		4,32		21,37	

¹ Tratamentos com médias não seguidas pela mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro.

CONCLUSÕES

A condição de atmosfera controlada com 1,5kPa de O₂ + 3,0kPa de CO₂ permite melhor conservação dos frutos pequenos (5-6cm de diâmetro), por proporcionar menor ocorrência de degenerescência interna e elevados valores de acidez titulável. Para frutos grandes (8-9cm de diâmetro), a condição de atmosfera controlada com 1,0kPa de O₂ + 3,0kPa de CO₂ é a mais adequada, pois permite uma maior firmeza da polpa, além de permitir elevados valores de acidez titulável. Os frutos pequenos mantêm a cor de fundo da epiderme mais verde e apresentam menor incidência de podridões em relação aos frutos grandes.

REFERÊNCIAS

- BENDER, J.R. Frigoconservação convencional e em atmosfera controlada de maçãs cv. Gala. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.11, n.1, p.45-50, 1989.
- BORTOLUZZI, G. **Efeito das temperaturas de armazenamento e condições de atmosfera controlada sobre a qualidade de maçã 'Fuji'**. 1997. 93f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria.
- BRACKMANN, A. et al. Armazenamento de maçãs 'Royal Gala' sob diferentes temperaturas e pressões parciais de oxigênio e gás carbônico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.3, p.532-536, 2001.
- BRACKMANN, A. et al. Qualidade de maçãs cv. Gala armazenadas em diferentes pressões parciais de O₂ e CO₂. **Scientia Agricola**, Lavras, v.57, n.2, p.195-198, 2000.
- 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.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras : ESAL/FAEPE, 1990. 320p.
- FIDLER, J.C. et al. **The biology of apple and pear storage**. England: Common Wealth Agricultural Bureaux, 1973. 235p.
- FREIRE, C.J.S. et al. **A cultura da maçã**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 107p. (Coleção Plantar, 19).
- 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.
- NEUWALD, D.A. et al. **Maçã cultivar Gala armazenada em diferentes condições de atmosfera controlada**. Capturado em 14 de agosto de 2004. Online. Disponível na Internet seberi.propesq.ufrgs.br/cdsalao2000/Salao00/ca00.
- SAQUET, A.A. et al. Armazenamento de maçã 'Gala' sob diferentes temperaturas e concentrações de oxigênio e gás carbônico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.27, n.3, p.399-405, 1997.
- SAQUET, A.A. **Efeito das temperaturas e concentrações de O₂ e CO₂ sobre a qualidade da maçã cultivar Gala durante o armazenamento em atmosfera controlada**. 1997. 105f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria.
- TUGWELL, B.; CHVYL, L. Storage recommendations for new varieties. **Pome Fruit Australia**, Austrália, p.4-5, 1995.