

## Manutenção da qualidade pós-colheita de maçãs 'Royal Gala' e 'Galaxy' sob armazenamento em atmosfera controlada

Postharvest quality maintenance of 'Royal Gala' and 'Galaxy' apples stored under controlled atmosphere

Auri Brackmann<sup>\*</sup> Anderson Weber<sup>1</sup> Josuel Alfredo Vilela Pinto<sup>1</sup> Daniel Alexandre Neuwald<sup>1</sup>  
Cristiano André Steffens<sup>II</sup>

### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de condições de atmosfera controlada na conservação de maçãs 'Royal Gala' e 'Galaxy'. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições e unidade experimental composta por 25 frutos. Os tratamentos utilizados se originaram da combinação de duas cultivares ('Royal Gala' e 'Galaxy') e sete diferentes condições de armazenamento, que foram: [1] Armazenamento refrigerado (AR); [2] 1,0kPa O<sub>2</sub> + 2,0kPa CO<sub>2</sub>; [3] 1,0kPa O<sub>2</sub> + 2,5kPa CO<sub>2</sub>; [4] 1,0kPa O<sub>2</sub> + 3,0kPa CO<sub>2</sub>; [5] 0,8kPa O<sub>2</sub> + 2,5kPa CO<sub>2</sub>; [6] 1,2kPa O<sub>2</sub> + 2,5kPa CO<sub>2</sub> e [7] 1,0kPa O<sub>2</sub> + 2,5 kPa CO<sub>2</sub>. A temperatura nos tratamentos 1 ao 6 foi de +0,5°C e no tratamento 7, -0,5°C. As avaliações foram realizadas após oito meses de armazenamento mais sete dias de exposição a 20°C. A maçã 'Galaxy' apresentou menor porcentagem de podridões e polpa farinácea e maior firmeza de polpa em relação à 'Royal Gala', não apresentando interação nestes parâmetros com as condições de armazenamento. A 'Galaxy' apresentou a menor porcentagem de frutos com degenerescência senescente e maior acidez titulável quando comparada com a 'Royal Gala', ocorrendo interação destes parâmetros com as condições de armazenamento. A melhor condição de armazenamento para a cultivar 'Royal Gala' foi de 1,0kPa O<sub>2</sub> + 2,5kPa CO<sub>2</sub> e para a 'Galaxy' foi de 0,8 a 1,0kPa O<sub>2</sub> e 2,5kPa CO<sub>2</sub>, porém a 'Galaxy' pode ser armazenada por um período maior, pois, apresentou potencial de armazenamento superior a 'Royal Gala'.

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

### ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the efficiency of controlled atmosphere conditions in the conservation of 'Royal Gala' and 'Galaxy' apples. The

experimental design was completely randomized, with four replicates and the experimental unit composed by 25 fruits. Treatments were originated from the combination of two cultivars (Royal Gala and Galaxy) and seven storage conditions, that were: [1] Cold storage (CS); [2] controlled atmosphere (CA) 1.0kPa O<sub>2</sub> + 2.0kPa CO<sub>2</sub>; [3] 1.0kPa O<sub>2</sub> + 2.5kPa CO<sub>2</sub>; [4] 1.0kPa O<sub>2</sub> + 3.0kPa CO<sub>2</sub>; [5] 0.8kPa O<sub>2</sub> + 2.5kPa CO<sub>2</sub>; [6] 1.2kPa O<sub>2</sub> + 2.5kPa CO<sub>2</sub> and [7] 1.0kPa O<sub>2</sub> + 2.5kPa CO<sub>2</sub>. The storage temperature in the treatments 1 to 6 were +0.5°C and treatment 7, -0.5°C. Fruit quality was evaluated after 8 months of storage and 7 days at 20°C. 'Galaxy' apple showed lower decay percentage, less mealy fruits and higher firmness in relation to 'Royal Gala' apples and there was no interaction between these parameters and storage conditions. 'Galaxy' apples showed lower percentage of internal breakdown and higher titratable acidity when compared with 'Royal Gala' apples. The best CA storage condition for 'Royal Gala' apples was 1.0kPa O<sub>2</sub> + 2.5kPa CO<sub>2</sub> and for 'Galaxy' apples, 0.8 to 1.0kPa O<sub>2</sub> and 2.5kPa CO<sub>2</sub>. 'Galaxy' apple can be stored during a larger period, because it presents a superior storage potential in relation to 'Royal Gala' apples.

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

### INTRODUÇÃO

As cultivares 'Galaxy' e 'Royal Gala' são mutantes da cultivar "Gala", apresentando epiderme vermelha rajada, lisa e brilhante, polpa firme, crocante, suculenta bem balanceada em ácidos e sólidos solúveis. Estas mutantes são comercialmente vantajosas por apresentarem coloração da epiderme mais vermelha e intensa e sabor adocicado, enquadrando-se dentro das exigências dos consumidores brasileiros (LIMA, 1999).

<sup>1</sup>Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: auri.brackmann@gmail.com. \*Autor para correspondência.

<sup>II</sup>Universidade do Estado de Santa Catarina (UNDESC), Centro Agroveterinário, Lages, SC, Brasil.

O aumento da exigência na qualidade, somado à concentrada produção de maçã em um curto período do ano, faz necessário o uso do armazenamento para fornecer ao mercado consumidor um produto de qualidade por um maior período de tempo. Um fator importante é a temperatura de armazenamento que exerce importante papel na conservação das qualidades físicas e químicas dos frutos e na prevenção ou na diminuição da incidência de doenças e distúrbios fisiológicos. O abaixamento da temperatura reduz os processos metabólicos, principalmente a respiração dos frutos, retardando o amadurecimento (KADER, 1986), resultando em maior período de conservação (LYONS, 1975).

Em condições de armazenamento refrigerado, em que apenas a temperatura e a umidade relativa são controladas, o período de conservação é de até quatro meses para a cultivar 'Gala'. Já em condições de atmosfera controlada, em que, além do controle da temperatura e da umidade, são monitoradas e controladas as concentrações de  $O_2$  e  $CO_2$ , o período de armazenamento pode ser estendido para oito meses (SAQUET et al., 1997). Após este período, os processos fisiológicos e bioquímicos de amadurecimento do fruto são acelerados.

Os efeitos benéficos do armazenamento de maçãs sob baixas pressões parciais de  $O_2$  e altas pressões parciais de  $CO_2$  incluem redução da taxa respiratória e da produção de etileno, conservando, assim, as características físico-químicas e inibindo a ocorrência de alguns distúrbios fisiológicos. Porém, o uso de baixas concentrações de  $O_2$  exige um controle rígido das concentrações de  $CO_2$ , pois níveis de  $CO_2$  mais elevados que de  $O_2$  podem causar desordens internas nos frutos (MEHERIUK, 1993). O uso de  $CO_2$  poderá ser benéfico ou prejudicial ao fruto, dependendo da sensibilidade do tecido, da concentração usada, do período de exposição e temperatura de armazenamento. Segundo BRACKMANN et al. (2001), a cultivar 'Royal Gala', manteve maior firmeza de polpa e menor incidência de frutos com degenerescência senescente, aos sete dias à exposição dos frutos a 20°C, quando armazenada na temperatura de 0°C com 1kPa de  $O_2$  e 2 ou 3kPa de  $CO_2$ . Para a maçã 'Gala', as melhores condições de armazenamento são de 0,8 a 1,5kPa de  $O_2$  e 2 a 3kPa de  $CO_2$  na temperatura de 0°C a 1°C (BRACKMANN et al., 2005b). Já MEHERIUK (1993) recomendou a pressão parcial de 1,5 a 2,0kPa de  $O_2$  e 2,5kPa de  $CO_2$  e temperatura de 1°C a 2°C para esta cultivar.

Tendo em vista que as mutantes 'Royal Gala' e 'Galaxy' são armazenadas comercialmente em condições semelhantes à maçã "Gala", pela falta de informações sobre as condições mais adequadas para

o armazenamento destas cultivares, objetivou-se avaliar a eficiência de diversas condições de armazenamento em atmosfera controlada na manutenção da qualidade pós-colheita das duas mutantes da cultivar 'Gala'.

## 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 das cultivares 'Royal Gala' e 'Galaxy', provenientes de um pomar comercial de Vacaria, Riorande do Sul (RS). Antes do armazenamento foram realizadas a seleção dos frutos e a homogeneização das amostras experimentais, sendo eliminados os frutos com lesões e com baixo calibre, tendo em vista que os frutos de tamanho médio e grande têm maiores problemas de conservação. Os frutos das cultivares 'Royal Gala' e 'Galaxy' apresentavam, no momento da colheita, respectivamente: Firmeza de polpa de 80,8N e 83,4N; Acidez titulável de 3,54meq 100ml<sup>-1</sup> e 4,05meq 100ml<sup>-1</sup>; Sólidos Solúveis de 14,3 °Brix e 13,62 °Brix e Índice Iodo-Amido de 7,87 e 7,32.

Os frutos foram armazenados em minicâmaras experimentais com volume de 0,232m<sup>3</sup> e acondicionadas em câmaras frigoríficas com volume de 45m<sup>3</sup>. Após o fechamento das minicâmaras, foram estabelecidas as condições de atmosfera controlada pela diluição do  $O_2$  das minicâmaras por meio da injeção de  $N_2$  até as condições preestabelecidas. As pressões parciais de  $CO_2$  foram obtidas por meio da injeção deste gás no interior das minicâmaras até as condições desejadas. O monitoramento da temperatura foi feito diariamente com termômetros de mercúrio de alta precisão introduzidos na polpa de frutos. As condições de armazenamento avaliadas foram: [1] Armazenamento refrigerado (AR); [2] 1,0kPa de  $O_2$  + 2,5kPa de  $CO_2$ ; [3] 1,0kPa de  $O_2$  + 2,0kPa de  $CO_2$ ; [4] 1,0kPa de  $O_2$  + 3,0kPa de  $CO_2$ ; [5] 0,8kPa de  $O_2$  + 2,5kPa de  $CO_2$ ; [6] 1,2kPa de  $O_2$  + 2,5kPa de  $CO_2$  e [7] 1,0kPa de  $O_2$  + 2,5kPa de  $CO_2$ . Os tratamentos 1 ao 6 foram armazenados a +0,5°C e o tratamento 7 foi armazenado a -0,5°C.

Devido ao processo de respiração dos frutos, houve consumo de  $O_2$  e produção de  $CO_2$ , sendo que para correção destes gases foi utilizado um equipamento para controle automático de  $O_2$  e  $CO_2$  da marca Kronenberger/Climasul Systemtechnik®, que analisou diariamente as concentrações de gases das minicâmaras. Para a correção do  $O_2$  consumido pela respiração dos frutos, utilizou-se a injeção de ar atmosférico no interior das minicâmaras. O  $CO_2$  em excesso, resultante do processo respiratório, foi eliminado com o auxílio de um absorvedor, contendo solução de hidróxido de potássio.

As análises da qualidade dos frutos foram realizadas após oito meses de armazenamento mais sete dias de exposição a 20°C, para simular o período de comercialização destes frutos. Foram analisados os parâmetros descritos a seguir. Podridões foram determinadas pela contagem de frutos que apresentavam lesões causadas por fungos patogênicos, sendo que os valores foram expressos em porcentagem. A degenerescência senescente foi avaliada após a realização de vários cortes na secção transversal dos frutos, o que permitiu a contagem de frutos com qualquer tipo de sintoma de escurecimento na polpa, sendo que os valores foram expressos em porcentagem. A polpa farinácea foi avaliada pela contagem de frutos que apresentavam tal distúrbio e foi expressa em porcentagem. A Firmeza de polpa foi determinada por meio de penetrômetro com ponteira de 11mm, aplicado em dois lados da região equatorial do fruto, onde foi retirada previamente a epiderme e foi expressa em Newton. Os teores de sólidos solúveis foram determinados por meio de refratometria e expresso em graus Brix (PREGNOLATTO & PREGNOLATTO, 1985). Para a determinação da acidez titulável, foram utilizados 10mL de suco que foram diluídos em 100mL de água destilada e titulados com hidróxido de sódio a 0,1 Normal até pH 8,1 sendo expressa em meq 100mL<sup>-1</sup> (PREGNOLATTO & PREGNOLATTO, 1985). A rachadura dos frutos foi avaliada por meio da contagem de frutos com a epiderme e/ou polpa rachada e os frutos que apresentavam incidência de podridões e rachaduras ao mesmo tempo foram contabilizados como podres e rachados e os valores foram expressos em porcentagem. A produção de etileno foi determinada com a utilização de aproximadamente 1200g de frutos, colocados em recipientes com volume de 5000mL. Estes foram fechados hermeticamente durante aproximadamente uma hora. Para a análise da produção de etileno, foram injetadas duas amostras de gás de 1mL, provenientes de cada recipiente, em um cromatógrafo a gás, marca Varian, equipado com um detector de ionização por chama (FID) e coluna Porapak N80/100. A temperatura da coluna, do injetor e do detector foi de 90, 140 e 200°C, respectivamente. Foi calculada a síntese de etileno em mL C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> por meio da concentração de etileno, da massa do fruto, do volume do espaço livre no recipiente e do tempo de fechamento. A respiração foi determinada pela quantificação da produção de CO<sub>2</sub>. O ar do mesmo recipiente utilizado para a determinação do etileno foi circulado através de um analisador eletrônico de CO<sub>2</sub>, marca Agri-datalog. A partir da concentração de CO<sub>2</sub>, do espaço livre do recipiente, do peso do fruto e do tempo de fechamento foi calculada a respiração em mL CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>.

Para cada parâmetro avaliado, foi efetuada análise da variância, sendo as médias comparadas pelo

teste de Duncan a 5% de probabilidade de erro. As variáveis expressas em porcentagem, foram transformadas pela fórmula  $\text{arc. sen } \sqrt{x} / 100$ , antes da análise da variância. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com quatro repetições, sendo as unidades experimentais compostas por 25 frutos.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após oito meses de armazenamento, na saída da câmara, não houve diferença estatística entre as duas cultivares quanto à incidência de podridões e rachaduras de frutos (Tabela 1). Ocorreu aumento da ocorrência média de podridão com a diminuição dos teores de CO<sub>2</sub> nas condições de atmosfera controlada. Este resultado está de acordo com BRACKMANN et al. (2001), que verificaram menor ocorrência de podridão em frutos da cultivar 'Royal Gala' armazenados a 1,2kPa de O<sub>2</sub> e 3,0kPa de CO<sub>2</sub>, evidenciando o efeito fungistático do alto CO<sub>2</sub>, embora, segundo SOMMER et al. (1981), observaram que reduções significativas no crescimento de fungos ocorrem quando o CO<sub>2</sub> está acima de 5% e o O<sub>2</sub> está abaixo de 2%. Todas as condições de AC avaliadas na temperatura de armazenamento de 0,5°C mantiveram baixa a ocorrência de rachadura da polpa na avaliação de saída da câmara, porém, em armazenamento refrigerado e sob atmosfera controlada na temperatura de -0,5°C, a ocorrência deste distúrbio foi alta (Tabela 1). A incidência média de rachadura nas duas cultivares não apresentou diferença estatística após sete dias de exposição dos frutos a 20°C (Tabela 1). Nos frutos armazenados em atmosfera controlada na temperatura de 0,5°C, a incidência deste distúrbio foi baixa (Tabela 1). Já nos frutos armazenados em atmosfera refrigerada, pôde-se observar um avançado estado de maturação, pela baixa firmeza de polpa (Tabela 2), menor acidez titulável (Tabela 3), maior produção de etileno (Figura 1A e 1B), maior respiração (Figura 1C e 1D) e maior incidência de rachadura dos frutos (Tabela 1). EBERT (1986) também obteve alta incidência de rachadura de polpa em armazenamento sob atmosfera refrigerada. Este mesmo autor afirma que a ocorrência deste distúrbio está fortemente ligada ao avançado estado de maturação dos frutos. A melhor condição para manter baixa a incidência de rachadura é de 1,0kPa de O<sub>2</sub> e 3,0kPa de CO<sub>2</sub> para a cultivar 'Gala' (BRACKMANN & SAQUET, 1995) e cultivar a 'Royal Gala' (LIMA, 1999).

A maçã 'Galaxy' apresentou menor porcentagem de podridões em relação à 'Royal Gala' (Tabela 2). Os melhores resultados para o controle de podridão, após oito meses de armazenamento mais sete dias de exposição à temperatura de 20°C, foram

Tabela 1 - Podridões e rachaduras em maçãs 'Royal Gala' e 'Galaxy' após oito meses de armazenamento sob diferentes condições de armazenamento.

-----Tratamentos-----		-----Saída da câmara-----						-----Sete dias a 20°C-----		
O <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub>	Temp	-----Podridão (%)-----			-----Rachadura (%)-----			-----Rachadura (%)-----		
(kPa)	(°C)	Royal Gala	Galaxy	Médias	Royal Gala	Galaxy	Médias	Royal Gala	Galaxy	Médias
Arm. Refrig.	0,5°C	0,00	3,75	1,87 bc*	12,58	10,00	11,29 a	39,30	29,63	34,5 a
1,0 + 2,0	0,5°C	9,77	2,50	6,13 ab	0,00	5,00	2,50 b	8,09	10,67	9,38 bc
1,0 + 2,5	0,5°C	5,28	6,25	5,76 ab	0,00	0,00	0,00 b	5,09	4,03	4,56 c
1,0 + 3,0	0,5°C	1,25	0,00	0,62 c	8,82	2,50	5,65 ab	11,26	7,50	9,38 bc
0,8 + 2,5	0,5°C	2,50	6,25	4,37 abc	2,50	3,75	3,12 b	4,02	2,57	3,30 c
1,2 + 2,5	0,5°C	3,75	10,0	6,87 a	6,25	7,50	6,87 ab	12,78	8,26	10,5 bc
1,0 + 2,5	-0,5°C	3,64	1,25	2,44 abc	16,02	6,25	11,13 a	23,17	12,57	17,9 b
Média		3,74A	4,29A		6,60A	5,00A		14,81A	10,75A	
CV (%)			75,53			78,84			41,80	

\*Médias não seguidas de mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, diferem entre si pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade de erro.

obtidos quando os frutos foram armazenados em AC na condição de 0,8kPa de O<sub>2</sub> e 2,5 kPa de CO<sub>2</sub>, porém, não diferindo estatisticamente das demais condições de AC a 0,5°C (Tabela 2). BRACKMANN et al. (2005a) verificaram menor ocorrência de podridões em maçãs 'Royal Gala' armazenadas na condição de 0,8kPa de O<sub>2</sub> e 2,5kPa de CO<sub>2</sub>. O maior percentual de frutos podres ocorreu sob o armazenamento refrigerado (AR) devido ao amadurecimento avançado destes frutos, que se tornaram muito sensíveis ao ataque dos fungos, mostrando o efeito positivo da atmosfera controlada. BRACKMANN et al. (2005b)

também observaram maior incidência de podridões em frutos armazenados em atmosfera refrigerada em relação aos frutos armazenados em atmosfera controlada.

A maçã "Galaxy" apresentou maior firmeza de polpa comparada à 'Royal Gala' (Tabela 2). Os melhores resultados para a manutenção da firmeza foram obtidos nas condições de AC de 0,8, 1,0 e 1,2kPa de O<sub>2</sub> associado a 2,5kPa de CO<sub>2</sub> na temperatura de 0,5°C. Resultados semelhantes foram encontrados por BRACKMANN et al. (2005a), que observaram maior firmeza de polpa em frutos pequenos de maçã 'Royal

Tabela 2 - Podridão, firmeza de polpa e polpa farinácea em maçãs 'Royal Gala' e 'Galaxy' após oito meses de armazenamento mais sete dias de exposição a 20°C sob diferentes condições de armazenamento.

-----Tratamentos-----		-----Podridão (%)-----			---Firmeza de polpa (Newton)---			-----Polpa farinácea (%)-----		
O <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub>	Temp. (°C)	Royal Gala	Galaxy	Médias	Royal Gala	Galaxy	Médias	Royal Gala	Galaxy	Médias
Arm. Refrig.	0,5 °C	42,08	45,52	43,80 a*	34,91	36,58	35,74 d	39,38	44,20	41,79 a
1,0 + 2,0	0,5 °C	28,61	23,03	25,82 bc	54,13	58,84	56,49 bc	18,70	17,47	18,08 cd
1,0 + 2,5	0,5 °C	30,86	17,28	24,07 bc	58,05	65,31	61,68 a	17,44	1,39	9,41 e
1,0 + 3,0	0,5 °C	41,89	13,75	27,82 bc	47,86	59,92	53,89 c	42,95	10,00	26,47 bc
0,8 + 2,5	0,5 °C	20,96	9,31	15,13 c	57,86	64,53	61,19 a	26,37	5,65	16,01 de
1,2 + 2,5	0,5 °C	29,31	24,87	27,09 bc	54,03	65,02	59,53 ab	40,69	16,61	28,65 b
1,0 + 2,5	-0,5 °C	40,64	25,26	32,95 ab	52,76	58,94	55,85 bc	41,77	18,88	30,32 b
Média		33,48A	22,72B		51,37B	58,45A		32,47A	16,31B	
CV (%)			24,87			6,84			24,58	

\*Médias não seguidas de mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, diferem entre si pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade de erro.

Tabela 3 - Degenerescência senescente, acidez titulável e sólidos solúveis totais em maçãs 'Royal Gala' e 'Galaxy' após oito meses de armazenamento mais sete dias de exposição a 20°C sob diferentes condições de armazenamento.

Tratamentos		Degenerescência senescente (%)			Acidez titulável (meq100mL <sup>-1</sup> )			Sólidos solúveis (°Brix)		
O <sub>2</sub> + CO <sub>2</sub> (kPa)	Temp (°C)	Royal Gala	Galaxy	Médias	Royal Gala	Galaxy	Médias	Royal Gala	Galaxy	Médias
Arm. Refrig.	0,5 °C	39,30 Ba*	56,07 A a	47,68	1,33 B d	2,07 A c	1,70	12,45	12,38	12,41 b
1,0 + 2,0	0,5 °C	12,26 A b	5,34 A d	8,80	3,68 B b	5,01 A a	4,34	13,58	13,85	13,71 a
1,0 + 2,5	0,5 °C	8,98 A b	1,32 B d	5,15	4,12 B a	4,97 A a	4,54	13,95	13,88	13,91 a
1,0 + 3,0	0,5 °C	32,81 Aa	15,00 B bc	23,90	3,19 B c	5,02 A a	4,10	13,58	13,98	13,78 a
0,8 + 2,5	0,5 °C	40,25 Aa	6,96 B cd	23,60	3,79 B b	4,93 A a	4,36	14,13	13,53	13,83 a
1,2 + 2,5	0,5 °C	33,19 Aa	19,39 A b	26,29	3,59 B b	4,93 A a	4,26	13,75	14,03	13,89 a
1,0 + 2,5	-0,5 °C	42,89 Aa	16,38 B b	29,63	3,32 B c	4,64 A b	3,98	13,43	13,70	13,56 a
Média		29,95	17,21		3,29	4,51		13,55A	13,62A	
CV (%)			28,93			4,51			4,51	

\*Médias não seguidas de mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, diferem entre si pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade de erro.

Gala' armazenados nestas mesmas condições. Esta condição reduziu a taxa respiratória e, conseqüentemente, o metabolismo, proporcionando menor degradação das pectinas da parede celular, quando comparado com as outras combinações de gases.

A incidência de polpa farinácea na maçã 'Galaxy' foi menor quando comparada à 'Royal Gala' (Tabela 2). A incidência de polpa farinácea foi menor nas condições de 0,8 e 1,0kPa de O<sub>2</sub>, com 2,5kPa de CO<sub>2</sub> e 1,0kPa de O<sub>2</sub>, com 2,0kPa de CO<sub>2</sub>, na temperatura de 0,5°C (Tabela 2). Nas demais condições avaliadas, os frutos apresentaram alta incidência de polpa farinácea (Tabela 2). A incidência de polpa farinácea normalmente está associada ao estado avançado de maturação dos frutos, uma vez que, com a evolução da maturação ocorre a transformação das moléculas de pectina insolúvel (protopectina) em pectinas solúveis, diminuindo a força de coesão entre as células, contribuindo para o surgimento de polpa farinácea (CHITARRA, 1998).

A maçã 'Galaxy' apresentou menor porcentagem de degenerescência senescente que a 'Royal Gala' nas condições de armazenamento de 1,0kPa de O<sub>2</sub>, com 2,5 e 3,0kPa de CO<sub>2</sub>, e 0,8kPa de O<sub>2</sub>, com 2,5kPa de CO<sub>2</sub>, e na condição com a temperatura a -0,5°C (Tabela 3). A incidência de degenerescência senescente foi menor nas pressões parciais de 1,0kPa de O<sub>2</sub> e 2,0 a 2,5kPa de CO<sub>2</sub>, para cultivar 'Royal Gala' e 1,0kPa de O<sub>2</sub> e 2,0 a 2,5kPa CO<sub>2</sub> e 0,8kPa de O<sub>2</sub> e 2,5kPa de CO<sub>2</sub>, na temperatura de 0,5°C, para a cultivar 'Galaxy' (Tabela 3). A incidência deste distúrbio geralmente é maior em concentrações elevadas de CO<sub>2</sub> e reduções excessivas de O<sub>2</sub>. A alta concentração de CO<sub>2</sub> atua sobre

a enzima succinato desidrogenase, que participa do metabolismo respiratório, conduzindo a um acúmulo de ácido succínico, que é tóxico nas células, interrompendo o ciclo dos ácidos tricarbóxicos, causando o escurecimento da polpa (WATKINS et al., 1997).

Os níveis de acidez titulável na maçã 'Galaxy' foram maiores que na 'Royal Gala' em todos os tratamentos. A acidez na maçã 'Galaxy' não foi estatisticamente diferente nas diversas condições de AC, com temperatura de 0,5°C, sendo somente inferior na temperatura de -0,5°C e na condição de armazenamento refrigerado na temperatura de 0,5°C (Tabela 3). A melhor condição de AC para a conservação da acidez na 'Royal Gala' foi 1,0kPa de O<sub>2</sub> e 2,5kPa de CO<sub>2</sub> (Tabela 3). Resultados semelhantes foram encontrados por BRACKMANN et al. (2005a), os quais reportaram que a melhor manutenção da acidez titulável da maçã "Gala" se dá nas mesmas condições encontradas para a maçã 'Royal Gala'.

A produção de etileno foi crescente do terceiro ao quinto dia de exposição a 20°C (Figuras 1A e 1B), mostrando uma tendência de pico de produção de etileno no quinto dia de exposição a 20°C. Na condição de armazenamento de atmosfera refrigerada, os frutos tiveram maior produção de etileno e respiração em todo o período, para as duas cultivares, sobre as demais condições avaliadas (Figuras 1A, 1B, 1C e 1D), concordando com os resultados obtidos por GORNY & KADER (1994). Alta produção de etileno e CO<sub>2</sub>, na condição de armazenamento refrigerado, provocam um aumento no metabolismo durante exposição dos frutos a 20°C, acarretando grande perda de firmeza de polpa (JOHNSTON et al., 2001) e

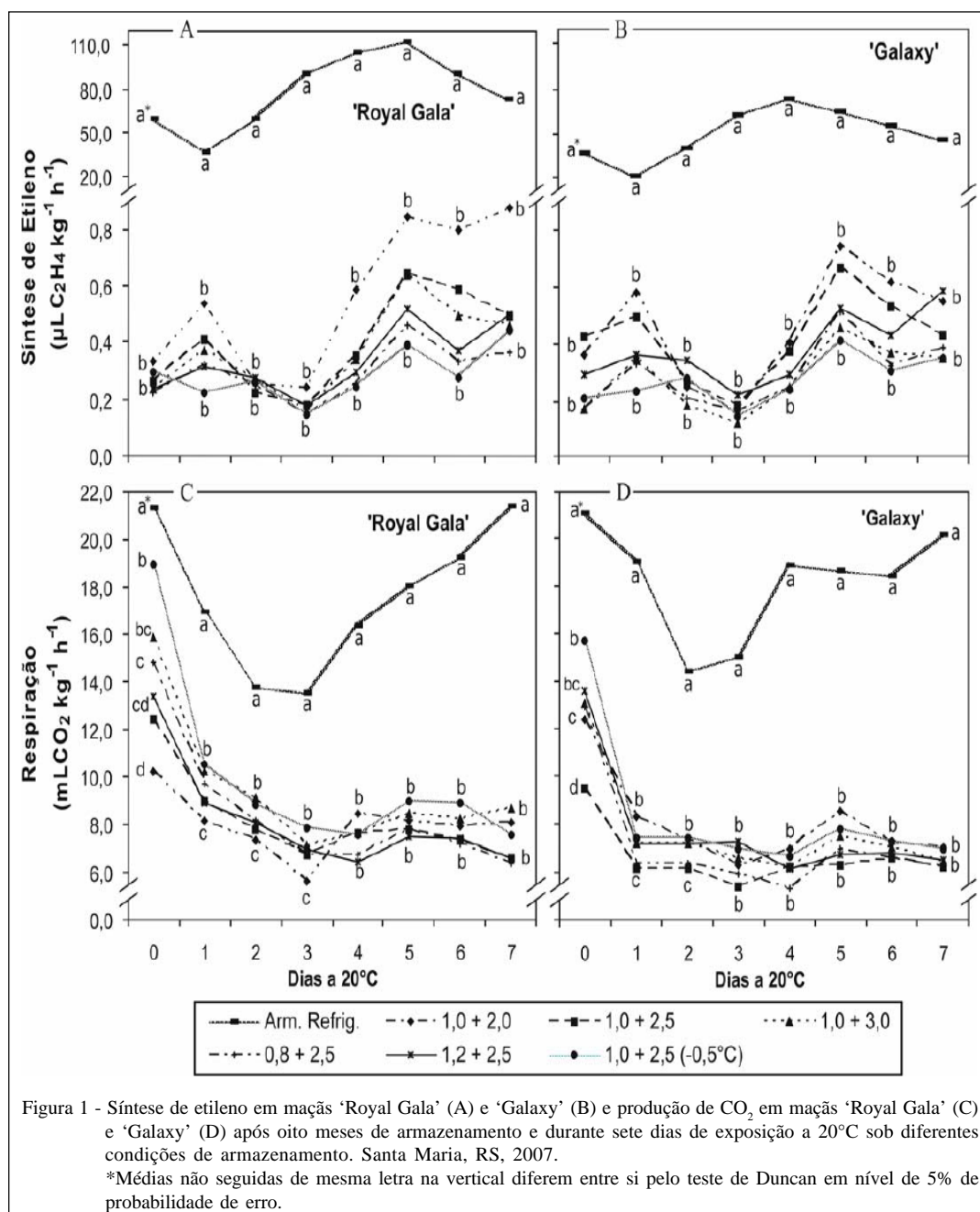


Figura 1 - Síntese de etileno em maçãs 'Royal Gala' (A) e 'Galaxy' (B) e produção de CO<sub>2</sub> em maçãs 'Royal Gala' (C) e 'Galaxy' (D) após oito meses de armazenamento e durante sete dias de exposição a 20°C sob diferentes condições de armazenamento. Santa Maria, RS, 2007.

\*Médias não seguidas de mesma letra na vertical diferem entre si pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade de erro.

alterações nas demais características físico-químicas (WATKINS, 2000) e diminuindo com isso a vida de prateleira.

Quando os frutos foram submetidos a 0,8kPa O<sub>2</sub> e 2,5kPa CO<sub>2</sub> para a cultivar Royal Gala (Figura 1C) e a 1,0kPa O<sub>2</sub> e 2,5kPa CO<sub>2</sub> para a cultivar 'Galaxy' (Figura 1D), foi obtida a menor produção de CO<sub>2</sub> na saída da câmara e após um, dois e três dias de exposição a 20°C, em comparação com os demais tratamentos. A utilização de baixo O<sub>2</sub> e baixas temperaturas limitam a

atividade de enzimas envolvidas no metabolismo respiratório, diminuindo a produção de etileno e de dióxido de carbono no climatério (STOW, 1989), tendo como consequência menor gasto de ácidos e açúcares no processo respiratório, mantendo assim as melhores qualidades físicas e químicas dos frutos, durante o período de pós-armazenagem. Do quarto ao sétimo dia de exposição a 20°C não foi observada diferença estatística na produção de CO<sub>2</sub> entre as condições de AC avaliadas (Figuras 1C e 1D). A maior produção de

CO<sub>2</sub> na saída da câmara deve-se, provavelmente, à alta concentração de CO<sub>2</sub> exógeno, proporcionado pela condição de AC (Figuras 1C e 1D). Após a saída dos frutos da câmara, este CO<sub>2</sub> difundido no tecido do fruto é liberado para o exterior, superestimando a produção de CO<sub>2</sub> neste período.

Entre todas as condições avaliadas, no armazenamento em atmosfera controlada com 0,8 a 1,0kPa de O<sub>2</sub> e 2,5kPa de CO<sub>2</sub>, os frutos mantiveram as melhores qualidades físicas e químicas no período de pós-armazenagem, com pouca perda de frutos por podridão, rachadura, polpa farinácea e degenerescência senescente, mantendo ainda alta a firmeza de polpa. Já na condição de armazenamento em atmosfera refrigerada, foi observado um avançado estado de maturação, sendo que nesta condição foram obtidos os frutos de pior qualidade pós-armazenagem, resultando em alta atividade respiratória, que causa um elevado consumo dos ácidos orgânicos, resultando em baixa acidez titulável. A maturação avançada também resulta em alta ocorrência de rachadura, possibilitando a entrada de fungos patogênicos causadores de podridão.

## CONCLUSÃO

A melhor manutenção da qualidade pós-colheita da cultivar 'Galaxy' é a condição de 0,8 a 1,0kPa de O<sub>2</sub>, com 2,5kPa de CO<sub>2</sub> e de 1,0kPa de O<sub>2</sub>, com 2,5kPa de CO<sub>2</sub>, para a cultivar 'Royal Gala'. A cultivar 'Galaxy' apresenta um potencial de armazenamento superior a 'Royal Gala', mostrado pela menor incidência de podridões, menor porcentagem de frutos com popa farinácea e menor degenerescência senescente. Além disso, a cultivar 'Galaxy' apresenta maior firmeza de polpa e maior acidez titulável.

## REFERÊNCIAS

- BRACKMANN, A. et al. Condições de atmosfera controlada para o armazenamento de maçãs 'Royal Gala' de diferentes tamanhos. **Ciência Rural**, Santa Maria v.35, n.5, p.1049-1053, 2005a.
- BRACKMANN, A. et al. Temperatura e otimização da atmosfera controlada para o armazenamento de maçã "Gala". **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.11, n.4, p.505-508, 2005b.
- BRACKMANN, A. et al. Armazenamento de maçãs 'Royal Gala' sob diferentes temperaturas e pressões parciais de oxigênio e gás carbônico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.23, n.3, p.532-536, 2001.
- BRACKMANN, A.; SAQUET, A.A. Armazenamento de maçãs cv. "Gala" em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.1, n.2, p.55-60, 1995.
- CHITARRA, M.I.F. Fisiologia e qualidade de produtos vegetais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Armazenamento e processamento de produtos agrícolas**. Lavras: UFLA/SBEA, 1998. p.2-59.
- EBERT, A. Distúrbios fisiológicos. In: EMPASC. **Manual da cultura da macieira**. Florianópolis: EMPASC, 1986. p.493-520.
- GORNY, R.; KADER, A.A. The mode of CO<sub>2</sub> action on ACC oxidase and its role in inhibition of ethylene biosynthesis. **HortScience**, Alexandria, v.29, n.5, p.533, 1994.
- JOHNSTON, J.W. et al. Temperature induces differential softening responses in apple cultivars. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.23, p.185-196, 2001.
- LIMA, L.C. **Armazenamento de maçãs cv. 'Royal Gala' sob refrigeração e atmosfera controlada**. 1999. 96f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Lavras, Universidade Federal de Lavras.
- LYONS, J.M. The influence of temperature on fruit ripening. **Colloques Internationaux Du Centre National de la Recherche Scientifique**, Paris, n.238, p.17-21, 1975.
- 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.
- MEHERIUK, M. CA storage conditions for apples, pears and nashi. In: CA'93, INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, 6., 1993, New York. **Proceedings...** Davis: University of California, 1993. V.2, p.832.
- PREGNOLATTO, W.; PREGNOLATTO, N.P. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. 533p.
- 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.
- SOMMER, N.F. et al. Effect of oxygen on carbon monoxide suppression of postharvest pathogens of fruits. **Plant Disease**, Minnesota, v.65, n.4, p.347-349, 1981.
- STOW, J.R. Effects of oxygen concentration on ethylene synthesis and action in stored apple fruits. **Acta Horticulturae**, Wageningen, 258, p.97-106, 1989.
- WATKINS, C.B. et al. A comparison of two carbon dioxide-related injuries of apple fruit. In: INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, 7., 1997, Rotterdam. **Proceedings...** Davis: University of California, 1997. V.2, p.119-124.
- WATKINS, C.B. Responses of horticultural commodities to high carbon dioxide as related to modified atmosphere packaging. **HortTechnology**, Alexandria, v.10, p.501-506, 2000.