

Suculência e solubilização de pectinas em maçãs 'Gala', armazenadas em atmosfera controlada, em dois níveis de umidade relativa¹

Juiciness and pectins solubilization in 'Gala' apples, stored in controlled atmosphere, in two levels of relative humidity

Rosângela Lunardi² Auri Brackmann³ Ivan Sestari⁴ Jocemar Francisco Zanatta⁵
Jorge Adolfo da Silva⁶ Cesar Valmor Rombaldi⁷

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi o de avaliar o efeito de umidades relativas (UR) de 96 e 90%, em maçãs 'Gala' armazenadas por 8 meses em atmosfera controlada (AC) sobre a perda de suculência, firmeza de polpa, conteúdo de pectina solúvel (PS) e atividade das enzimas pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG). A temperatura de armazenamento em AC foi de 0,5°C. Ao final do período em AC e mais 7 dias a 20°C, foram avaliadas a suculência, a firmeza de polpa, o conteúdo de PS e as atividades da PME e PG. A UR na faixa de 96 a 90% não afetou a suculência, a firmeza, o conteúdo de PS e a atividade da PME, mas em 90% de UR ocorreu aumento da atividade da PG, após 8 meses em AC e mais 7 dias a 20°C.

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

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of relative humidities (RH) (96 and 90%), in apples 'Gala' stored by 8 months in controlled atmosphere (CA) on the juiciness loss, flesh firmness, soluble pectin content (SPC) and activities of pectinmethylesterase (PME) and polygalacturonase (PG). The storage temperature was 0.5°C. At the end of the CA period and seven more days at 20°C were evaluated the juiciness, flesh firmness, SPC, PME and PG. RH of 96 to 90%, did not affect the juiciness, firmness, SPC and PME activity, but 90% of RH increased PG activity, after 8 months in AC and 7 more days at 20°C.

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

INTRODUÇÃO

A maçã 'Gala', em virtude de sua excelente qualidade organoléptica e aparência, possui grande aceitação no mercado nacional. Seu período de comercialização é limitado ao primeiro semestre do ano devido à rápida perda de qualidade, relacionada com a perda de 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 de apresentarem pouca suculência, polpa farinhenta e sabor deficiente (Ebert, 1986). Para a cultivar Gala, em especial, a perda de suculência é um problema bastante sério, sendo um entrave para um armazenamento mais prolongado.

Em frutos de caroço, a falta de suculência ou lanosidade, se dá, em nível celular, pela formação de estruturas em gel, que retém moléculas de água. Isso ocorre devido ao descompasso da atividade das enzimas pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG) (HARKER E HALLETT, 1992). A geleificação da água livre se dá pela interação de pectinas desesterificadas com íons cálcio (ZHOU et al., 2000). Segundo PLOCHARSKI E KONOPACKA (1999), a suculência depende,

¹Parte da tese desenvolvida pelo primeiro autor para obtenção do grau de Doutor em Ciências, Universidade Federal de Pelotas (UFPel).

²Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciências (UFPel).

³Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor do Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria, RS. Autor para correspondência.

⁴Aluno do Curso de Agronomia (UFSM), bolsista PIBIC/CNPq.

⁵Aluno do Curso de Agronomia (UFPel), bolsista PIBIC/CNPq.

⁶Engenheiro Agrônomo, Doutor, pesquisador no Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial (UFPel).

⁷Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial (UFPel).

provavelmente, da preservação da estrutura original das substâncias pécicas (pectinas). Para estes autores, um fruto é menos suculento quando as células do tecido facilmente se separam umas das outras e a parede celular não se rompe, mesmo sob pressão. Em outras palavras, se a parede celular for mais fraca que a lamela média, ela irá romper-se e o suco será liberado, resultando em fruto suculento (De SMEDT et al., 1998). As enzimas PME e PG são responsáveis pela hidrólise de moléculas de pectina (KAYS, 1990; AWAD, 1993). Os resultados visíveis da ação destas enzimas são frutos com pouca firmeza de polpa e pouco suco ou farinhentos.

A umidade relativa do ar (UR) na câmara frigorífica é um fator muito importante para a conservação da qualidade de frutos, pois em níveis ideais diminui a desidratação, modifica processos fisiológicos e bioquímicos associados ao amadurecimento, afeta as interações entre os patógenos e os frutos e diminui o dano pelo frio e por batidas (FIORAVANÇO & MÂNICA, 1994). Quanto mais seco o ar da câmara, mais rápida é a perda de água dos frutos, devido à diferença entre a pressão de vapor interna e externa do fruto, conhecida como déficit de pressão de vapor (HARDENBURG et al., 1988). A baixa UR desidrata os tecidos, aumentando a rigidez da polpa, mascarando os resultados da firmeza de polpa, além de diminuir o conteúdo de suco extraível. UR elevada pode causar degenerescência da polpa em maçãs armazenadas em armazenamento refrigerado (AR) (PORRIT & MEHERIUK, 1973), ocorrência de podridões (SCHWARZ, 1994) e degenerescência do miolo (*core flush*) (FORSYTH & EAVES, 1975).

O objetivo deste trabalho foi de avaliar o efeito de dois níveis de umidade relativa do ar sobre a suculência, a firmeza de polpa, o conteúdo de pectina solúvel e a atividade das enzimas PME e PG em maçãs 'Gala'.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram desenvolvidos no Núcleo de Pesquisa em Pós-colheita (NPP) do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e no laboratório de Biotecnologia do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), durante os anos de 2001 e 2002. Foram utilizadas maçãs da cultivar Gala, provenientes de um pomar comercial da empresa Schio, de Vacaria, RS. No momento da colheita, a firmeza de polpa era de 73,3N. Antes da instalação do experimento, os frutos foram selecionados, eliminando-se aqueles com

lesões e baixo calibre, homogeneizando as amostras experimentais.

Os frutos foram armazenados em minicâmaras de atmosfera controlada (AC) com volume de 232 litros, as quais foram conectadas por tubulações plásticas a um sistema de controle automático da concentração dos gases O₂ e CO₂. As minicâmaras permaneceram no interior de uma câmara frigorífica de 45m³, com sistema de refrigeração por ar forçado, na temperatura de 0,5°C, que foi monitorada diariamente utilizando-se termômetros de mercúrio introduzidos na polpa do fruto.

Os tratamentos consistiram da exposição de maçãs 'Gala' a uma umidade relativa de 96% e 90% durante todo o período de armazenamento em AC, nas pressões parciais de 1,0kPa de O₂ + 2,5kPa de CO₂. As pressões parciais iniciais de O₂ foram obtidas pelo princípio da diluição do O₂, com a injeção de nitrogênio (N₂). O N₂ (99,5% de N₂ + 0,5% de O₂) foi obtido de um sistema gerador baseado no método do PSA (*Pressure Swing Adsorption*), com peneira molecular de carbono. As pressões parciais de CO₂ foram obtidas através da injeção de CO₂, provenientes de cilindros de alta pressão.

Para a manutenção constante das concentrações do O₂ e CO₂, que continuamente se modificavam em função do processo respiratório dos frutos, foi realizada diariamente uma análise e correção das pressões parciais destes gases. Esta análise foi feita com um controlador automático, marca Kronenberger Systemtechnik. O O₂ consumido foi repostado através da injeção de ar atmosférico nas minicâmaras. O excesso de CO₂ foi absorvido por uma solução de hidróxido de potássio 40%, contido em um recipiente hermeticamente fechado, através do qual circulavam os gases das minicâmaras.

A redução da UR foi obtida mediante a introdução de cloreto de cálcio (0,5kg de CaCl₂ para 20kg de frutos) no interior das minicâmaras. A leitura desse parâmetro foi feita com um psicrômetro dentro da minicâmara.

Após oito meses de armazenamento, em ambos os experimentos, metade das amostras experimentais foram analisadas no dia da abertura das câmaras e o restante após sete dias de exposição dos frutos a uma temperatura de ±20°C, que teve por objetivo simular um período de comercialização dos frutos. Os parâmetros analisados foram os seguintes:

firmeza de polpa: determinada com auxílio de um penetrômetro manual, com ponteira de 11mm de diâmetro, em dois lados opostos na região equatorial da maçã, onde a epiderme foi previamente retirada;

sukulência: determinada através da prensagem de 20g de polpa de maçã durante 1 minuto, numa prensa pneumática desenvolvida no NPP/UFSM especialmente para este fim. A amostra foi submetida ao peso de 1.500kg. A quantidade de suco foi obtida pela diferença do peso inicial da amostra (20g) e o peso final (após a prensagem). A suculência foi expressa em percentagem de suco.

Para as avaliações do conteúdo de pectina solúvel e da atividade das enzimas pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG), a polpa foi coletada e rapidamente congelada em nitrogênio líquido e mantida em -20°C para posteriores análises;

conteúdo de pectina solúvel: extraído segundo a técnica descrita por MCCREADY & MCCOMB (1952), sendo a determinação realizada colorimetricamente através da reação com carbazol, segundo BITTER & MUIR (1962). Os resultados foram expressos em mg de ácidos galacturônicos por 100g de polpa;

atividade da enzima PME: determinada pela técnica empregada por RATNER et al. (1969). A unidade de atividade enzimática da pectinametilesterase foi considerada como sendo a quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação de pectina correspondente a um nmol de NaOH por minuto nas condições do ensaio;

atividade da PG: extraída de acordo com PRESSEY & AVANTS (1973) e JEN & ROBINSON (1984). A determinação foi feita conforme a técnica de Somogyi, modificada por NELSON (1944). A unidade de atividade enzimática da PG foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a formação de um nmol de grupos redutores por minuto sob as condições do ensaio.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com três repetições. Para a suculência foram usadas quatro repetições. A unidade experimental para a determinação da firmeza de polpa foi de 25 frutos, enquanto que para as demais determinações a unidade experimental foi de seis frutos. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade de erro. Os dados em percentagem foram transformados pela fórmula $\text{arc. sen} \sqrt{x/100}$, antes da análise de variância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A UR não alterou significativamente o conteúdo de suco das maçãs, avaliadas na saída da câmara e após sete dias a 20°C (Tabela 1). A firmeza de polpa, por sua vez, apresentou diferença estatística

na saída da câmara, quando os frutos armazenados na umidade de 96% estavam menos firmes que a 90%. Possivelmente, este resultado apresenta algum erro, ou devido ao enrugamento dos frutos, que oferece resistência à penetração do êmbolo do penetrômetro, por causa do murchamento.

Após sete dias a 20°C , no entanto, não houve diferença significativa na firmeza de polpa e na suculência dos frutos entre as diferentes UR. Os valores, porém, foram mais elevados nesta avaliação que na saída da câmara, provavelmente, porque estes frutos apresentavam murchamento, o que dificultou a penetração do êmbolo do penetrômetro.

Conforme observações feitas por TU et al. (2000), o conteúdo de suco de maçãs decresceu com o armazenamento, mas foi maior em UR alta (95%) quando comparada com UR baixa (65%). O resultado destes autores difere do observado para a suculência neste experimento (Tabela 1), possivelmente porque os autores acima citados usaram uma UR muito baixa quando comparada com a baixa UR usada no presente trabalho, que foi de 90%. No entanto, estes resultados conferem com os publicados por De SMEDT et al. (2002), que testaram as UR de 90, 95 e 98% em maçãs, e concluíram que a suculência não foi afetada por nenhuma destas umidades. Estes autores afirmaram que a suculência não foi afetada pela perda de água pelo fruto, a qual o torna com aspecto enrugado e murcho. BARREIRO et al. (1999) e ORTIZ et al. (2000) observaram que a falta de suculência em maçãs e pêssegos, respectivamente, ocorreu sem variação no conteúdo de água do tecido.

A solubilização das pectinas durante o amolecimento do fruto é um fenômeno que geralmente acontece (NARA et al., 2001). Entretanto, neste experimento, o conteúdo de pectina solúvel, praticamente, não se alterou após um período em temperatura ambiente (Tabela 2), embora o valor

Tabela 1 - Firmeza de polpa e suculência de maçãs 'Gala' submetidas a dois níveis de umidade relativa do ar, avaliadas na saída da câmara, após 8 meses de armazenamento em atmosfera controlada (1kPa de O_2 e 2,5kPa de CO_2) e após 7 dias a 20°C . Santa Maria, RS, 2003

UR (%)	Firmeza de polpa (N)		Suculência (%)	
	Saída	7 dias	Saída	7 dias
96	32,8 b*	63,7 a	69,6 a	81,3 a
90	52,4 a	60,1 a	75,2 a	77,4 a
CV (%)	21,62	14,42	3,74	2,48

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

Tabela 2 - Conteúdo de pectina solúvel e atividade das enzimas pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG) de maçãs 'Gala' submetidas a dois níveis de umidade relativa do ar, avaliadas na saída da câmara, após 8 meses de armazenamento em atmosfera controlada (1kPa de O₂ e 2,5kPa de CO₂) e após 7 dias a 20°C. Pelotas, RS, 2003

UR (%)	Pectina solúvel (mg/100g)		PME (U**)		PG (U**)	
	Saída	7 dias	Saída	7 dias	Saída	7 dias
96	50,4 a*	39,0 a	2176,9 a	2404,7 a	3,27 b	3,61 b
90	47,1 a	48,6 a	2480,7 a	2632,6 a	6,19 a	14,51 a
CV (%)	11,59	9,76	18,11	10,80	17,32	38,11

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

** 1 nmol.g⁻¹.min⁻¹ de tecido.

encontrado após sete dias a 20°C, na UR de 96%, tenha sido bem inferior ao encontrado na saída da câmara. Porém, este resultado não interferiu na suculência destes frutos, que foi superior à primeira avaliação. Não houve diferença significativa na suculência entre as UR, tanto na saída da câmara como após sete dias.

A atividade da PME também não diferiu entre as UR, tanto na saída da câmara como após sete dias. Alguns autores têm reportado que a PME tem pouca influência no amolecimento do fruto, servindo apenas como uma precursora da PG, no sentido de facilitar a atividade desta última, pela desmetilação das pectinas (BICALHO et al., 2000). A atividade da PG, por sua vez, foi menor na UR de 96% nas duas épocas de avaliação (Tabela 2). O resultado da atividade da PG da saída da câmara contraria aquele observado para firmeza de polpa (Tabela 1), pois, conforme muitos autores, a perda de firmeza, geralmente, é resultado do aumento da atividade da PG (BONGHI et al., 1996; PATHAK & SANWAL, 1998). Este resultado oferece maior suporte na hipótese de ter havido erro no valor da firmeza de polpa na UR de 96% na saída da câmara (Tabela 1). Apesar da diferença estatística na atividade da PG entre as UR, esta não foi suficiente para que fossem alterados os resultados de suculência.

CONCLUSÕES

A umidade relativa na câmara frigorífica, na faixa de 90 a 96%, não afeta o teor de suco das maçãs 'Gala' armazenadas em atmosfera AC após oito meses e mais sete dias a 20°C.

A firmeza de polpa, o conteúdo de pectina solúvel e a atividade da PME, não são afetados pela variação de UR.

Na UR de 90% a atividade da PG é maior, porém, não altera a suculência dos frutos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo : Nobel, 1993. 114p.
- BARREIRO, P. et al. Mealiness assessment in apples using MRI techniques. **Magnetic Resonance Imaging**, Amsterdam, v.17, n.2, p.275-281, 1999.
- BICALHO, U.O. et al. Modificações texturais em mamões submetidos à aplicação pós-colheita de cálcio e embalagem de PVC. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.24, n.1, p.136-146, 2000.
- BITTER, T.; MUIR, H.M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical Chemistry**, New York, v.34, p.330-334, 1962.
- BONGHI, C.; PAGNI, S.; VIDHIH, R. Cell wall hydrolases and amylases in kiwifruit softening. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.9, n.1, p.19-29, 1996.
- DE SMEDT, V.; BARREIRO, P.; VERLINDEN, B.E. A mathematical model for the development of mealiness in apples. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.25, n.3, p.273-291, 2002.
- DE SMEDT, V. et al. Microscopic observation of mealiness in apples: a quantitative approach. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.14, n.2, p.151-158, 1998.
- EBERT, A. Distúrbios fisiológicos. In: EMPASC (ed.). **Manual da cultura da macieira**. Florianópolis : EMPASC, 1986. p.493-520.
- FIORAVANÇO, J.C.; MÂNICA, I. Armazenamento de frutas cítricas em temperatura controlada. **Cadernos de Horticultura**, Porto Alegre, v.2, n.2, p.1-8, 1994.
- FORSYTH, F.R.; EAVES, C.A. Ripening of apples in CA storage, low or high ethylene levels and medium or high humidity levels. In: FACTEURS ET RÉGULATION DE LA MATURATION DES FRUITS, 1974. Paris: Colloques Internationaux du Centre National de la Recherche Scientifique, 1975. n.238. p.67-72.
- HARDENBURG, R.E.; WATADA, A.E.; WANG, C.Y. **Almacenamiento comercial de frutas, legumbres y existencias de floristerias y viveiros**. Costa Rica : IICA, 1988. 150p.
- HARKER, F.R.; HALLETT, I. C. Physiological changes associated with development of mealiness of apple fruit during cool storage. **HortScience**, Alexandria, v.27 n.12, p.1291-1294, 1992.

- JEN, J.J.; ROBINSON, M.L.P. Pectolytic enzymes in sweet bell peppers (*Capsicum annuum* L.). **Journal of Food Science**, Chicago, v.49, n.4, p.1085-1087, 1984.
- KAYS, S.J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York : Van Nostrand Reinhold, 1990. 532p.
- McCREADY, R.M.; McCOOMB, E.A. Extraction and determination of total pectic materials in fruits. **Analytical Chemistry**, Washington, v.24, n.12, p.1586-1588, 1952.
- NARA, K.; KATO, Y.; MOTOMURA, Y. Involvement of terminal-arabinose and -galactose pectic compounds in mealiness of apple fruit during storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.22, n.2, p.141-150, 2001.
- NELSON, N.A. A photometric adaptation of Somogyi method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v.135, n.1, p.136-175, 1944.
- ORTIZ, C.J. et al. An identification procedure for woolly soft-fresh peaches by instrumental assessment. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Amsterdam, v.76, n.4, p.355-362, 2000.
- PATHAK, N.; SANWAL, G.G. Multiple forms of polygalacturonase from banana fruits. **Phytochemistry**, Oxford, v.48, n.2, p.249-255, 1998.
- PLOCHARSKI, W.J.; KONOPACKA, D. The relation between mechanical and sensory parameters of apples and pears. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.485, p.309-317, 1999.
- PORRIT, S.W., MEHERIUK, M. Influence of storage humidity and temperature on breakdown in Spartan apples. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.53, n.3, p.597-599, 1973.
- PRESSEY, R.; AVANTS, J.K. Separation and characterization of the exopolygalacturonase and endopolygalacturonase from peaches. **Plant Physiology**, Baltimore, v.52, n.3, p.252-256, 1973.
- RATNER, A.R.; GOREN, R.; MONSELISE, S. Activity of pectin esterase and cellulase in the abscission zone of citrus leaf explants. **Plant Physiology**, Washington, v.44, n.12, p.1717-1723, 1969.
- SCHWARZ, A. Relative humidity in cool stores: measurement, control and influence of discreet factors. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.2, n.368, p.687-692, 1994.
- TU, K.; NICOLAÏ, B.; BAERDEMAEKER, J. De. Effects of relative humidity on apple quality under simulated shelf temperature storage. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.85, p.217-229, 2000.
- ZHOU, H.W. et al. Delayed storage and controlled atmosphere storage of nectarines: two strategies to prevent woolliness. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.18, n.2, p.133-141, 2000.