

QUALIDADE DE MAÇÃ "GOLDEN DELICIOUS" ARMAZENADA EM ATMOSFERA CONTROLADA ESTÁTICA E DINÂMICA

QUALITY OF "GOLDEN DELICIOUS" APPLE STORED IN STATIC AND DYNAMIC CONTROLLED ATMOSPHERE

Andréia Hansen Oster¹; Auri Brackmann²

RESUMO

O trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar a qualidade da maçã "Golden Delicious" armazenada em atmosfera controlada (AC) com concentrações estáticas – ACE (4 kPa CO₂ + 2 kPa O₂; 0 kPa CO₂ + 1 kPa O₂; 4 kPa CO₂ + 1,5 kPa O₂ com rápida instalação da AC e 4 kPa CO₂ + 1,5 kPa O₂ com lenta instalação da AC) e com concentrações dinâmicas – ACD (6-2 kPa CO₂ + 2-1 kPa O₂; 2-6 kPa CO₂ + 1-2 kPa O₂ com rápida instalação da AC). As avaliações da firmeza da polpa, sólidos solúveis totais, acidez titulável, cor da epiderme, ocorrência de podridões e distúrbios fisiológicos foram realizadas aos 2,5; 5; 7,5 e 10 meses de armazenamento (1°C e 97% de U.R. do ar), na retirada dos frutos das câmaras e após 14 dias (sete dias em armazenamento refrigerado a 1°C e mais sete dias em temperatura ambiente). A ACD de CO₂ e O₂ proporcionaram resultados semelhantes à ACE com relação aos parâmetros de qualidade. As características qualitativas do fruto, como cor da epiderme, firmeza da polpa e acidez titulável não foram beneficiadas pela rápida instalação da atmosfera no armazenamento em AC. Não foram constatados sintomas de podridões e distúrbios fisiológicos durante todo o período de armazenamento.

Palavras-chave: instalação da atmosfera, concentrações dinâmicas de gases, *Malus domestica*, pós-colheita.

ABSTRACT

The work was carried out to evaluate the quality of "Golden Delicious" apples in controlled atmosphere (CA) with static – CAE (4 kPa CO₂ + 2 kPa O₂; 0 kPa CO₂ + 1 kPa O₂; 4 kPa CO₂ + 1.5 kPa O₂ with rapid establishment CA and 4 kPa CO₂ + 1.5 kPa O₂ with slow establishment CA) and dynamic gas concentrations – CAD (6-2 kPa CO₂ + 2-1 kPa O₂; 2-6 kPa CO₂ + 1-2 kPa O₂ with rapid establishment CA). Evaluations of flesh firmness, total soluble solids, titratable acidity, skin color and incidence of rot and physiological disorders were determined after 2.5, 5, 7.5 and 10 months (1°C and 97% R.H.) of storage, at opening of cold chambers and after exposure of fruits during 14 days (seven days in cold storage at 1°C plus seven days at room temperature). CAD CO₂ and O₂ concentrations provide similar results to atmosphere with CAE of these gases in relation to the evaluated quality parameters. Qualitative characteristics of the fruit, like skin color, flesh firmness and titratable acidity, were not improved by rapid establishment of controlled atmosphere conditions. During storage period no roots and physiological disorders occurred.

Key words: pulldown, dynamic gas concentrations, *Malus domestica*, postharvest

INTRODUÇÃO

A fase de pós-colheita é extremamente importante para a conservação da maçã, por ser um produto perecível, é neste período que ocorrem perdas de qualidade nos frutos. Como

possível solução desse problema, tem-se buscado aprimorar as técnicas que envolvem a conservação pós-colheita de maçã armazenada em atmosfera controlada (AC), como o estudo da instalação rápida da atmosfera na câmara e a utilização de concentrações dinâmicas de CO₂ e O₂.

O procedimento chamado de instalação rápida da atmosfera controlada (IRA), consiste no estabelecimento da atmosfera da câmara de armazenamento até 48 horas após a colheita dos frutos (LAU & LOONEY, 1982; LAU et al., 1983). O termo IRA foi introduzido para ressaltar a importância da redução do período de carregamento da câmara e a instalação rápida da atmosfera através da redução da concentração do O₂ com a injeção de nitrogênio na câmara. Esta técnica inibe a indução da produção de etileno e, com isso, o amadurecimento é retardado (GOLDING et al., 2005).

A IRA mantém a qualidade do fruto, principalmente, a firmeza da polpa em maçãs "McIntosh" e "Delicious" (LIU, 1990). No armazenamento tradicional, são necessários dois a três dias para o carregamento da câmara, mais um a quatro dias para atingir uma concentração de 2 a 3 kPa de oxigênio. Quando se utiliza nitrogênio líquido a IRA pode ser realizada em seis horas.

No Brasil, a cultivar "Golden Delicious" vem sendo armazenada comercialmente em condições convencionais de AC, ou seja, 3 a 4 kPa de CO₂ e 2 a 3 kPa de O₂, sendo que estas concentrações estáticas não são alteradas durante todo o período de armazenamento. Por outro lado, BUFLER & STREIF (1986) afirmam que a taxa de desverdecimento e a perda da firmeza da polpa em "Golden Delicious" são retardadas pela combinação dos efeitos de alto CO₂ (até 6 kPa) e baixo O₂ (1 kPa).

O armazenamento de maçãs em atmosfera controlada com concentração dinâmica de gases (ACD) é uma técnica relativamente recente. Consiste na variação da concentração de CO₂ e O₂ durante o período de armazenamento. Segundo PRANGE et al. (2005), os produtos armazenados apresentam-se vivos e, portanto, com seu metabolismo dinâmico. Neste sentido, as recomendações de ACE durante todo o período de armazenamento para estes produtos não seriam as ideais. Em algumas cultivares de maçãs, que são, extremamente, sensíveis à altas concentrações de CO₂, a redução deste gás nos últimos meses de armazenamento poderá evitar a ocorrência de distúrbios fisiológicos (STREIF, 1979).

Segundo SHOU-CHUN et al. (1989), após a colheita, o fruto necessita de diferentes condições para os diferentes períodos do processo de amadurecimento, sendo que as condições ótimas (temperatura e composição da atmosfera de armazenamento) para inibição do amadurecimento, e,

¹ Eng. Agr., Doutora, Pesquisadora da Embrapa Agroindústria Tropical, Caixa Postal 3761, CEP 60511-110, Fortaleza/CE. Email: andrea@cnpat.embrapa.br

² Eng. Agr., Doutor, Professor do Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria, CEP 97119-900, Santa Maria/RS. Email: brackman@ccr.ufsm.br

conseqüente, manutenção da qualidade não são constantes. Neste sentido, SALTVEIT (2003) afirma que alguns parâmetros de qualidade dos frutos, tais como, cor, firmeza e sólidos solúveis modificam-se a diferentes taxas quando comparados com outros parâmetros, assim, a condição de armazenamento para um produto, com o tempo, também poderia ser variada.

SHOU-CHUN et al. (1989), trabalhando com "Red Delicious", observaram que os frutos foram mais firmes e de melhor qualidade quando a temperatura e a concentração de CO₂ variaram durante o período de armazenamento do que frutos armazenados a 0°C em AC convencional com concentrações constantes de 3 kPa CO₂ e 3 kPa O₂.

Concentrações ultrabaixas de O₂ ("Ultra Low Oxygen" - ULO) tem apresentado benefícios no armazenamento de maçãs (ECHEVERRIA et al., 2004; ZANELLA, 2003), reduzindo a incidência de desordens fisiológicas e mantendo a qualidade do fruto. Por outro lado, condições ULO diminuem a formação de compostos voláteis responsáveis pelo aroma e sabor do fruto. No entanto, o aumento da concentração de O₂ no período final de armazenamento pode intensificar a produção de aroma, mantendo os benefícios do armazenamento em ULO sobre a firmeza da polpa (SHARPLES, 1982). Já LIDSTER et al. (1987), verificaram que uma baixa concentração de O₂ (1 a 1,5 kPa) por um período de 45 dias, no início do armazenamento da cv. "McIntosh", manteve a firmeza da polpa mais alta do que o contínuo armazenamento em condições de atmosfera convencional (5 kPa de CO₂ com 3 kPa de O₂).

Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da maçã "Golden Delicious" armazenada em AC com concentrações estáticas ou dinâmicas dos gases, com lenta e rápida instalação da atmosfera.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Núcleo de Pesquisa em Pós-Colheita (NPP) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria - RS. As maçãs (*Malus domestica* Borkh.) da cv. "Golden Delicious" foram colhidas em um pomar comercial em Fraiburgo, Santa Catarina.

Os frutos foram armazenados um dia após a colheita, sem receber tratamento fitossanitário. Foram acondicionados em redes plásticas e, posteriormente, colocados em caixas plásticas com capacidade de 20 kg. As caixas foram colocadas em minicâmaras (240 L) de atmosfera controlada. Estas minicâmaras estavam instaladas dentro de câmaras frigoríficas de 45 m³ cada, com sistema de refrigeração por ar forçado e temperatura controlada em 1°C. A umidade relativa (UR) do ar nas minicâmaras de AC foi de 97%.

As maçãs foram submetidas a quatro condições de AC estática - ACE (4 kPa de CO₂ com 2 kPa de O₂; 0 kPa de CO₂ com 1 kPa de O₂; 4 kPa de CO₂ com 1,5 kPa de O₂ com rápida instalação da AC -IRA; 4 kPa de CO₂ com 1,5 kPa de O₂ com instalação lenta da atmosfera - ILA) e dois níveis de AC com concentração dinâmica de gases - ACD (6-2 kPa de CO₂ com 2-1 kPa de O₂; 2-6 kPa de CO₂ com 1-2 kPa de O₂), com instalação rápida da atmosfera, como fator "atmosfera".

O fator "tempo" constou de cinco níveis (0; 2,5; 5; 7,5 e 10 meses de armazenamento) e o fator "condição" com dois níveis: ao retirar da câmara e 14 dias após (sete dias em armazenamento refrigerado a 1°C e mais sete dias em temperatura ambiente). Desta forma, obteve-se um experimento trifatorial (6x5x2) avaliado segundo o delineamento blocos ao acaso em parcelas subdivididas, com duas repetições. As repetições foram constituídas por duas

amostras de dez frutos cada. A unidade experimental foi constituída por uma minicâmara com 160 frutos mantidas a 1°C em câmara frigorífica.

Logo após o enchimento das minicâmaras com os frutos, foi realizada a instalação da atmosfera, através da redução da concentração do O₂, com injeção de nitrogênio, até a concentração alcançar o valor desejado, de acordo com o respectivo tratamento. A concentração de CO₂ de cada tratamento foi obtida através da injeção de CO₂ nas minicâmaras. As concentrações de CO₂ e O₂ foram estabelecidas até doze horas após o fechamento das minicâmaras, caracterizando a instalação rápida da atmosfera (IRA). No caso do tratamento com instalação lenta da atmosfera (ILA), as câmaras após o enchimento, foram hermeticamente fechadas e o oxigênio foi consumido, lentamente durante um período de 20 dias pela respiração dos frutos.

Os tratamentos correspondentes à ACD sofreram diminuição ou aumento gradual de CO₂ e O₂ ao longo do período de armazenamento, em intervalos mensais. No tratamento com ACE de CO₂ e O₂, as concentrações dos gases foram mantidas constantes ao longo do armazenamento.

Para manter as concentrações de CO₂ e O₂ constantes, de acordo com cada tratamento, durante todo o período de armazenamento, realizaram-se análises diárias da concentração destes gases nas minicâmaras de AC, através de analisadores digitais de CO₂ e O₂, marca Agridatalog. Os ajustes das concentrações de CO₂ e O₂, foram realizados em virtude do consumo de O₂ e liberação de CO₂ pelo processo respiratório dos frutos. No caso de baixa concentração de O₂ foi adicionado ar. A alta concentração de CO₂ foi corrigida através da absorção de solução com hidróxido de potássio à 40%.

Na instalação do experimento foi realizada uma avaliação das características físico-químicas de cinco amostras compostas de dez frutos cada. As demais avaliações foram realizadas em intervalos de 75 dias, ou seja, aos 2,5; 5; 7,5 e 10 meses de armazenamento, logo após a saída dos frutos das câmaras e 14 dias após.

A firmeza da polpa (FP) foi determinada em dois pontos opostos da região equatorial de cada fruto através de um penetrômetro motorizado com ponteira de 11 mm de diâmetro. Os valores foram expressos em Newton (N). Os sólidos solúveis totais (SST) foram determinados com refratômetro manual do suco de dez frutos, sendo os valores expressos em percentagem. Para determinação da acidez titulável (AT), utilizou-se uma amostra de dez frutos, da qual coletou-se 10 ml do suco, que diluídos em 100 ml de água destilada, foi titulada com uma solução de NaOH a 0,1N até pH 8,1. Os valores foram expressos em meq ácido málico 100 ml de suco⁻¹.

A cor dos frutos foi avaliada de acordo com uma escala de cores elaborada por OSTER (1995). Esta escala, própria para a cv. "Golden Delicious", variou de um a dez, sendo que o índice um corresponde ao fruto totalmente verde (imaturo) e o índice dez ao fruto com coloração amarelo-ouro. Os dez quadros foram pintados a partir do índice um, utilizando-se a cor verde, e o índice dez com a cor amarelo-ouro. As variações de tonalidades entre o índice um (verde) e dez (amarelo-ouro) foram obtidas misturando-se as cores verde, branca e amarela.

Os frutos de cada amostra foram analisados quanto à ocorrência de podridões e distúrbios fisiológicos. Para a análise dos distúrbios fisiológicos, os frutos foram cortados

equatorialmente em diversas fatias para observar o escurecimento da polpa.

A análise da variância seguiu o modelo do delineamento blocos ao acaso com parcelas subdivididas, onde a parcela principal teve seis níveis de atmosfera e dois períodos de avaliação e a subparcela cinco tempos. As médias dos níveis de atmosfera e dos períodos de avaliação foram comparadas pelo teste de Tukey (5%) e os efeitos do tempo foram estudados por análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após cinco meses de armazenamento, na retirada dos frutos das câmaras, a atmosfera de 4 kPa de CO₂ e 2 kPa de O₂ (IRA) manteve a cor mais verde dos frutos, da mesma forma que a atmosfera de 4 kPa de CO₂ e 1,5 kPa de O₂ (IRA), da qual não diferiu estatisticamente. Por outro lado, o maior índice para esta variável, ou seja, frutos mais amarelados, foi obtido nesta mesma atmosfera com a instalação lenta (Tabela 1).

O rápido estabelecimento da atmosfera proporcionou frutos mais verdes durante os cinco primeiros meses de armazenamento, fato também constatado por LAU & LOONEY (1982), LAU et al. (1983) e CHU (1993) em várias cultivares de maçã, inclusive "Golden Delicious". Quando se analisa os valores obtidos para cor aos 14 dias após a retirada dos frutos das câmaras, ainda aos cinco meses, observa-se que não existe diferença significativa entre os efeitos da AC, bem como, entre a ACE e ACD dos gases e entre a ILA e IRA, sobre a cor da epiderme dos frutos. Este comportamento, também, é observado aos 7,5 meses (0 dia e 14 dias), bem como na saída dos frutos da câmara (0 dia) aos dez meses.

Após dez meses e 14 dias de armazenamento, os frutos na atmosfera de 0 kPa de CO₂ e 1 kPa de O₂ (IRA) apresentaram-se mais amarelos (índice 8,3) do que aqueles mantidos em 4 kPa de CO₂ e 2 kPa de O₂ (IRA) (Tabela 1). Na Polônia, SKRZYNSKI (1989), também, verificou maior amarelecimento da epiderme de maçã "Golden Delicious" armazenada sem CO₂ com 1,5 kPa ou 2 kPa de O₂. O aumento na concentração de CO₂ de 0 para 4 kPa reduziu, ligeiramente, o amarelecimento dos frutos. O CO₂ age, principalmente, como um inibidor da ação do etileno, que é responsável, entre outras alterações, pela degradação da clorofila e, conseqüente mudança de cor (YANG, 1985; MATHOOKO, 1996). Além disto, existe um efeito indireto na inibição da degradação da clorofila pela diminuição do metabolismo respiratório dos frutos (SHARPLES, 1982; VELTMAN et al., 2003). Com exceção para as maçãs analisadas na saída das câmaras aos cinco meses, as médias da cor da epiderme nas ACD não revelaram diferença significativa com as demais atmosferas controladas durante os dez meses de armazenamento.

Nas avaliações até 7,5 meses, após 14 dias da abertura das câmaras, as maçãs armazenadas a 4 kPa de CO₂ e 1,5 kPa de O₂ foram mais firmes quando submetidas à instalação rápida da atmosfera do que aquelas submetidas à instalação lenta, ou seja, em que a concentração dos gases foi alcançada pela respiração dos próprios frutos (Tabela 2).

YANG (1985) também constatou que a rápida instalação da atmosfera retarda o amadurecimento na cv. "Golden Delicious". Os dados de firmeza da polpa se assemelham à trabalhos anteriores (BUFLER & STREIF, 1986; BOHLING & HELLICKSON, 1993), em que a perda de firmeza é influenciada pelas atmosferas e rapidez no estabelecimento destas.

As maçãs mantidas em 4 kPa de CO₂ com 2 kPa ou 1,5 kPa de O₂ (IRA) não apresentaram diferenças significativas na firmeza da polpa durante todo o armazenamento. Porém, aquelas maçãs que permaneceram na atmosfera de 0 kPa de CO₂ com 1 kPa de O₂ (IRA) foram menos firmes aos cinco meses de armazenamento. A ausência de CO₂ favorece a atividade mitocondrial (SHIPWAY & BRAMLAGE, 1973) e o metabolismo respiratório (MATHOOKO, 1996). Ainda, segundo BUFLER & STREIF (1986), a alta concentração de ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) verificada em maçãs armazenadas sem a presença de CO₂ favorece a formação do etileno e conseqüente perda da firmeza.

O armazenamento da maçã "Golden Delicious", durante dez meses em ACD com 6-2 kPa de CO₂ e 2-1 kPa de O₂ não diferiu da ACD com 2-6 kPa de CO₂ e 1-2 kPa de O₂. Da mesma forma, as ACD não diferiram estatisticamente da atmosfera controlada com concentrações estáticas de 4 kPa de CO₂ e 1,5 kPa de O₂, todas submetidas à instalação rápida da atmosfera (Tabela 2). LIDSTER et al. (1985), no Canadá, trabalhando com "Golden Delicious" armazenada por um período de 7,5 meses, também não encontraram vantagens na retenção da firmeza da polpa, da ACD sobre o armazenamento em concentrações estáticas de CO₂ e O₂. Porém, SHOU-CHUN et al. (1989) encontrou resultados positivos da ACD sobre a qualidade de maçã "Red Delicious". As médias de SST não foram influenciadas pela rápida instalação da atmosfera, nem pela ACD e nem pela concentração de CO₂ e O₂ (Tabela 3). Outros trabalhos já verificaram a pouca influência das concentrações de CO₂ e O₂ e épocas de análises dos frutos sobre o teor de SST (STREIF, 1985; OSTER & BRACKMANN, 1999). Ao longo dos meses de armazenamento, aumentou o conteúdo de SST, tendendo à queda no final do período.

Durante todo o armazenamento, o conteúdo de SST e acidez titulável tendeu a diminuir nas maçãs, após 14 dias da abertura das câmaras de AC (Tabela 4). Provavelmente, a redução no conteúdo de SST e ATT se deve ao consumo destes substratos pelo metabolismo respiratório das maçãs (RHODES, 1970), que é acelerado sob condições ambientais de atmosfera e temperatura.

Os frutos apresentaram maior acidez no final do experimento, após 14 dias da retirada dos frutos das câmaras, na atmosfera de 4 kPa de CO₂ e 1,5 kPa de O₂ com a utilização da instalação rápida da atmosfera, sem diferir estatisticamente da atmosfera de 4 kPa de CO₂ e 2 kPa de O₂. A menor acidez foi verificada na atmosfera de 0 kPa de CO₂ e 1 kPa de O₂. Conforme BUFLER & STREIF (1986), a manutenção de maçã "Golden Delicious" com 0 kPa de CO₂ com 1 kPa de O₂, durante 7,5 meses, além de ocasionar maior perda da cor verde, também estimulou a perda da acidez. ARGENTA & BRACKMANN (1996) também observaram menor acidez e firmeza da polpa em maçãs "Golden Delicious" com a redução da concentração de CO₂. O aumento na concentração de CO₂ de 0 para 4 kPa favoreceu a manutenção da acidez das maçãs, provavelmente, através da inibição da enzima succinato desidrogenase do ciclo de Krebs, e, conseqüentemente, do metabolismo celular (SHIPWAY & BRAMLAGE, 1973; MATHOOKO, 1996).

No final do armazenamento, as maçãs mantidas em 4 kPa de CO₂ com 1,5 kPa de O₂ com IRA, apresentaram maior acidez após 14 dias da retirada dos frutos das câmaras, quando comparadas com as maçãs submetidas à ILA. Neste mesmo período, as ACD foram menos eficientes em manter a acidez das maçãs, quando comparadas com ACE de 4 kPa de CO₂ com 1,5 kPa de O₂ (IRA), confirmando os resultados de

LIDSTER et al. (1985).

Não se constatou sintomas de podridões e distúrbios fisiológicos em qualquer condição, atmosfera controlada e tempo de armazenamento, concordando com os resultados de STREIF (1985), os quais afirmam que não tem sido observado

distúrbios fisiológicos em AC sob concentrações de até 5kPa de CO₂ e temperatura de 0 a 1°C. As condições de AC podem reduzir a severidade de certos distúrbios fisiológicos (PRANGE & DELONG, 2006).

Tabela 1 - Cor da epiderme de maçã "Golden Delicious" armazenada a 1°C com concentrações dinâmicas e estáticas de gases durante 2,5; 5; 7,5 e 10 meses. Santa Maria, RS.

ATMOSFERA		0 MÊS		2,5 MESES		5 MESES		7,5 MESES		10 MESES	
kPaCO ₂	kPaO ₂	0 dia ⁺⁺	14 dias ⁺⁺⁺	0 dia	14 dias	0 dia	14 dias	0 dia	14 dias	0 dia	14 dias
6-2*	2-1 IRA**	4,10 a ⁺	5,40 a	5,55 b	6,30 a	6,25 a	7,20 a	6,55 a	8,20 ab		
2-6*	1-2 IRA	4,02 a	5,10 a	5,40 bc	6,50 a	6,05 a	7,15 a	6,70 a	7,25 ab		
4	1,5 ILA***	4,04 a	5,10 a	6,20 a	7,00 a	6,15 a	7,80 a	6,95 a	7,35 ab		
4	1,5 IRA	3,83 a	5,15 a	5,05 cd	6,80 a	6,15 a	7,35 a	7,10 a	7,35 ab		
0	1 IRA	3,90 a	5,40 a	5,65 b	7,20 a	7,20 a	7,40 a	6,90 a	8,30 a		
4	2 IRA	4,00 a	4,85 a	4,95 d	6,70 a	6,05 a	7,10 a	7,25 a	7,10 b		

⁺Médias não ligadas por mesma letra diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. ⁺⁺Dia da retirada dos frutos das câmaras. ⁺⁺⁺14 dias da retirada dos frutos das câmaras (sete dias em AR a 1°C mais sete dias em temperatura ambiente). *Atmosfera com concentração dinâmica dos gases. **Instalação rápida da atmosfera (12h). ***Instalação lenta da atmosfera (20 dias). ^Z Escala de notas: 1 a 10 (1 - fruto totalmente verde - imaturo; 10 - fruto totalmente amarelo-ouro).

Tabela 2 - Firmeza da polpa (N) de maçã "Golden Delicious" armazenada a 1°C com concentrações dinâmicas e estáticas de gases durante 2,5; 5; 7,5 e 10 meses. Santa Maria, RS.

ATMOSFERA		0 MÊS		2,5 MESES		5 MESES		7,5 MESES		10 MESES	
kPaCO ₂	kPaO ₂	0 dia ⁺⁺	14 dias ⁺⁺⁺	0 dia	14 dias	0 dia	14 dias	0 dia	14 dias	0 dia	14 dias
6-2*	2-1 IRA**	72,60 a ⁺	73,33 a ⁺	76,58 a	70,82 a	70,82 a	60,60 a	56,81 a	52,60 a	45,49 ab	
2-6*	1-2 IRA	73,20 a	75,53 a	71,98 a	66,96 a	66,96 a	62,48 a	51,30 a	53,07 a	47,89 ab	
4	1,5 ILA***	71,40 a	60,29 a	54,23 b	53,11 b	53,11 b	50,49 a	42,80 b	44,13 a	42,09 ab	
4	1,5 IRA	72,60 a	75,39 a	72,61 a	73,51 a	73,51 a	62,73 a	57,24 a	52,93 a	55,44 a	
0	1 IRA	74,80 a	71,09 a	60,87 ab	58,18 b	58,18 b	49,06 a	51,75 a	42,74 a	39,62 b	
4	2 IRA	72,80 a	75,08 a	67,90 ab	71,49 a	71,49 a	61,56 a	55,02 a	52,87 a	50,04 ab	

⁺Atmosferas com médias não ligadas pela mesma letra na vertical diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. ⁺⁺Dia da retirada dos frutos das câmaras. ⁺⁺⁺14 dias da retirada dos frutos das câmaras (sete dias em AR a 1°C mais sete dias em temperatura ambiente). *Atmosfera com concentração dinâmica dos gases. **Instalação rápida da atmosfera (12h). ***Instalação lenta da atmosfera (20 dias).

Tabela 3 - Sólidos solúveis totais (%) de maçã "Golden Delicious" armazenada a 1°C com concentrações dinâmicas e estáticas de gases durante 2,5; 5; 7,5 e 10 meses. Santa Maria, RS.

ATMOSFERA		0 MÊS		2,5 MESES		5 MESES		7,5 MESES		10 MESES	
kPaCO ₂	kPaO ₂	0 dia ⁺⁺	14 dias ⁺⁺⁺	0 dia	14 dias	0 dia	14 dias	0 dia	14 dias	0 dia	14 dias
6-2*	2-1 IRA**	13,8 a ⁺	14,65 a	13,60 a	13,50 a	13,40 a	14,40 a	13,95 ab	13,80 a	13,60 a	
2-6*	1-2 IRA	13,8 a	14,35 a	13,85 a	13,60 a	13,40 a	14,45 a	13,90 ab	13,90 a	13,80 a	
4	1,5 ILA***	13,7 a	14,00 a	14,00 a	14,30 a	13,70 a	13,80 a	14,65 a	14,10 a	13,30 a	
4	1,5 IRA	13,7 a	14,30 a	14,20 a	14,20 a	13,30 a	14,65 a	14,15 ab	13,90 a	13,00 a	
0	1 IRA	13,7 a	14,20 a	14,40 a	14,35 a	13,70 a	14,65 a	14,25 ab	14,70 a	13,50 a	
4	2 IRA	13,8 a	14,70 a	14,40 a	14,20 a	13,40 a	14,70 a	12,90 b	14,00 a	13,30 a	

⁺ Atmosferas com médias não ligadas pela mesma letra na vertical diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. ⁺⁺Dia da retirada dos frutos das câmaras. ⁺⁺⁺14 dias da retirada dos frutos das câmaras (sete dias em AR a 1°C mais sete dias em temperatura ambiente). *Atmosfera com concentração dinâmica dos gases. **Instalação rápida da atmosfera (12h). ***Instalação lenta da atmosfera (20 dias).

A escaldadura superficial em maçã pode ser reduzida significativamente pelo armazenamento em condições de 0,7

a 1,5 kPa de O₂ (WANG & DILLEY, 1999) associada ao aumento da concentração de CO₂ para 5-6 kPa (DOVER, 1997).

- SHIPWAY, M. R.; BRAMLAGE, W. J. Effects of carbon dioxide on activity of apple mitochondria. *Plant Physiology*, Rockville, v.51, n.6, p.1095-1098, 1973.
- SHOU-CHUN, Q.; CHUN SHENG, W.; ZHI-QING, L. et al. Effects of two-dimensional dynamic controlled atmosphere storage on apple fruits. In: INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, 5., 1989, Washington, *Proceedings...* Washington: Washington State University, 1989. v.1 p.295-305.
- SKRZYNSKI, J. The effect of low oxygen storage of "Golden Delicious" and "Jonagold" apples on quality and chemical content. In: INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, 5., 1989, Washington, *Proceedings...* Washington: Washington State University 1989. v.1 p.307-314.
- STREIF, J. Lagerverhalten und Fruchtqualität von Äpfeln nach einer kurzzeitigen Behandlung mit hohen CO₂ - Konzentrationen. *Gartenbauwissenschaft*, Stuttgart, v.44, n.6, p.263-268, 1979.
- STREIF, J. Quality parameters of apples as influenced by harvest date and storage conditions. In: WORKSHOP QUALITY IMPROVEMENT BY CROP PRODUCTION, 1., 1985, Dublin, *Proceedings...* Dublin: University of Dublin, 1985. v.1. p.64-67.
- VELTMAN, R.H.; VERSCHOOR, J.A.; RUIJSCH VAN DUGTEREN, J.H. Dynamic control system (DCS) for apples (*Malus domestica* Borkh. cv Elstar): optimal quality through storage based on product response. *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam, v.27, n.1, p.79-86, 2003.
- WANG, Z.; DILLEY, D. R. Control of superficial scald of apples by low-oxygen atmospheres. *HortScience*, Alexandria, v.34, n.7, p.1145-1151, 1999.
- YANG, S. F. Biosynthesis and action of ethylene. *HortScience*, Homestead, v.20, n.1, p.41-45, 1985.
- ZANELLA, A. Control of apple superficial scald and ripening - a comparison between 1-methylcyclopropene and diphenylamine postharvest treatments, initial low oxygen stress and ultra low oxygen storage. *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam, v.27, n.1, p.69-78, 2003.