Ciência Rural, Santa Maria, v. 28, n. 2, p. 215-219, 1998.
ISSN 0103-8478

ARMAZENAMENTO DA MAÇÃ CV. GOLDEN DELICIOUS EM ATMOSFERA CONTROLADA COM ALTAS CONCENTRAÇÕES DE CO_2 E ULTRA-BAIXAS DE O_2

CONTROLLED ATMOSPHERE STORAGE OF GOLDEN DELICIOUS APPLES WITH HIGH CO_2 AND ULO CONCENTRATIONS

Auri Brackmann[1] Sérgio Miguel Mazaro[2] Rosangela Lunardi[3]

RESUMO

O trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os efeitos de altas concentrações de CO_2 e ultra-baixas de O_2 sobre as qualidades físico-químicas, distúrbios fisiológicos e podridões durante o armazenamento em atmosfera controlada (AC) de maçãs da cv. 'Golden Delicious'. Os frutos foram armazenados nas temperaturas de -0,5°C e +0,5°C e umidade relativa do ar de 97%. As condições de AC foram 1,0% de O_2 e 6,0% de CO_2; 1,5% de O_2 e 6,0% de CO_2; 1,0% de O_2 e 4,0% de CO_2; 2,0% de O_2 e 4,0% de CO_2; 3,0% de O_2 e 4,0% de CO_2. Os parâmetros avaliados foram: firmeza da polpa, sólidos solúveis totais, acidez titulável, escaldadura, degenerescência interna e podridões. As avaliações foram realizadas em dois momentos: na abertura das câmaras (8,5 meses de armazenamento) e após 14 dias (7 dias em armazenamento refrigerado e 7 dias em temperatura ambiente a 23°C). Em concentrações ultra-baixa de O_2 (1%) combinado com 4% de CO_2 a maçã 'Golden Delicious' apresentou uma melhor manutenção das qualidades físico-químicas após longo período de armazenamento sem apresentar sintomas de fermentação. Concentrações de 6% de CO_2 com baixas de O_2 na temperatura de +0,5°C, não causou danos aos frutos, porém na temperatura de -0,5°C houve degenerescência interna e escaldadura superficial, sendo a temperatura de +0,5°C mais indicada para a cv. 'Golden Delicious'.

Palavras-chave: *maçã 'Golden Delicious', atmosfera controlada, qualidade.*

SUMMARY

The experiment was conducted with the aim to evaluate the effects of the high CO_2 and ultra-low O_2 (ULO) concentrations on the fruit quality and incidence of physiological disorders and rots during controlled atmosphere (CA) storage of 'Golden Delicious'. Fruits were stored at -0.5°C and +0.5°C, with 97% relative humidity. The CA conditions were: 1.0% of O_2 and 6.0% of CO_2; 1.5% of O_2 and 6.0% of CO_2; 1.0% of O_2 and 4.0% of CO_2; 2.0% of O_2 and 4.0% of CO_2; 3.0% of O_2 and 4.0% of CO_2. After 8.5 months of storage and 14 days after chamber opening (seven days of cold storage plus seven days at shelf life) firmness, total soluble solids, titratable acidity, scald, internal breakdown and rot were evaluated. The ULO storage conditions (1.0% of O_2 and 4.0% of CO_2) resulted in better fruit quality and no sympton of fermentation was observed. ULO conditions with 6.0% of CO_2 at +0.5°C did not cause damage on fruits, but a storage temperature of -0.5°C caused internal breakdown and superficial scald.

Key words: *'Golden Delicious' apple, controlled atmosphere, quality.*

INTRODUÇÃO

Maçãs da cv. 'Golden Delicious' podem ser armazenadas por longos períodos em atmosfera controlada convencional com 1,5 a 3,0% de O_2 e 2,0 a 3,0 % de CO_2 sem grandes perdas da qualidade. Em diversos países, pesquisadores obtiveram melhor conservação da qualidade desta maçã, com concentrações ultra baixas de oxigênio ("Ultra Low Oxygen - ULO") e altas concentrações de CO_2.

[1]Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor Adjunto, Departamento de Fitotecnia, Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97015-900, Santa Maria, RS. Autor para correspondência.

[2]Engenheiro Agrônomo, Aluno do Curso de Pós-graduação em Agronomia, UFSM.

[3]Acadêmica do curso de Agronomia da UFSM, bolsista do PET/CAPES.

Recebido para publicação em 04.06.64. Aprovado em 22.10.97

Segundo (TRUTER & EKSTEEN, 1987), existe uma tendência mundial em utilizar concentrações de ULO (0,5% a 1,2% O_2) para manter a qualidade e prolongar o período de armazenamento de maçãs. Vários trabalhos demonstram a melhoria na qualidade de maçãs com a redução de 2,0% a 3,0% de O_2 para 1% de O_2 (LIDSTER *et al.*, 1981; LANGE *et al.*, 1982; LAU & LOONEY, 1982; BOHLING & HANSEN, 1984). Esta redução do O_2 reduz a perda de firmeza de polpa (SMITH, 1984), mantém a acidez (BOHLING & HANSEN, 1985) e reduz a degradação de clorofila da epiderme (SCHARPLES, 1982; SCHOUTEN, 1988), além de reduzir a ocorrência de escaldadura (SCHOUTEN, 1988) e escurecimento da polpa (STREIF, 1985). Porém, MEHERIUK (1993) afirma que 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. Segundo STREIF (1985) a redução de 3,0% de O_2 para 1,0% de O_2 mantém a firmeza mais elevada e cor na epiderme de 'Golden Delicious', salientando ainda que condições de 'ULO', combinadas com concentrações de até 6% de CO_2, não provocam danos aos frutos. No entanto, COUEY & OLSEN, 1975 afirmam que concentrações acima de 3% de CO_2, na temperatura de -1°C a 0°C, causam danos em 'Golden Delicious', quando submetida a longo período de armazenamento.

No Brasil, devido a falta de conhecimento científico sobre o comportamento da maçã 'Golden Delicious' em condições de 'ULO' e altas concentrações de CO_2 existe por parte dos fruticultores e técnicos em armazenamento um natural receio com relação aos possíveis resultados deste tipo de armazenamento. Por isso, o objetivo do presente trabalho foi de avaliar o efeito das condições altas de CO_2 e ultra baixas de O_2, nas temperaturas de -0,5°C e +0,5°C sobre as qualidades físico-químicas da maçã durante longo período de armazenamento.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Núcleo de Pesquisa em Pós-Colheita (NPP) do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, no período de março a dezembro de 1994. Foram utilizados frutos da cv. 'Golden Delicious', provenientes de um pomar comercial de Fraiburgo, SC. Após a colheita os frutos foram selecionados, eliminando aqueles com lesões e baixo calibre (< 50mm) e as amostras usadas como unidades experimentais foram homogeneizadas. O armazenamento foi realizado em micro-câmaras experimentais de atmosfera controlada (AC), com volume de 232 litros, nas temperaturas de -0,5°C e +0,5°C e umidade relativa do ar de 97%. A oscilação da temperatura do ar das câmaras foi de 0,2°C. As condições de atmosfera controlada foram: 1,0% de O_2 e 6,0% de CO_2, 1,5% de O_2 e 6,0% de CO_2, 1,0% de O_2 e 4,0% de CO_2, 2,0% de O_2 e 4,0% de CO_2, 3,0% de O_2 e 4,0% de CO_2. Estas concentrações de gases foram obtidas através da instalação da atmosfera pela diluição do O_2 com injeção do N_2, proveniente de cilindros de alta pressão, e posterior injeção de CO_2, até atingir os níveis estabelecidos dos tratamentos. A manutenção da concentração desejada dos gases, nas diferentes câmaras, que variavam em função da respiração dos frutos, foi através da análise diária com uso de analisadores eletrônicos de CO_2 e O_2, marca Agridatalog, e posterior correção das concentrações a níveis pré-estabelecidos. Para compensar o oxigênio consumido pelos frutos foi injetado ar nas mini-câmaras, e para eliminação do excesso de CO_2 efetuou-se a absorção com uma solução de KOH (50%).

No armazenamento refrigerado (AR), os frutos foram acondicionados em tambores metálicos, nas temperaturas de -0,5°C e +0,5°C, com constante controle da umidade relativa (97%) e ventilação para evitar o acúmulo de CO_2.

Os dados foram analisados segundo o delineamento experimental inteiramente casualizado, com três repetições e a unidade experimental composta por 40 frutos.

Ao final do experimento, após 8,5 meses de armazenamento os 40 frutos de cada unidade experimental foram divididos em duas subamostras de 20 frutos, sendo uma analisada na abertura das câmaras e a outra após 14 dias (7 dias em armazenamento refrigerado e 7 dias em temperatura ambiente de 23°C). A firmeza de polpa e incidência de distúrbios fisiológicos foram determinados para cada fruto, enquanto que os sólidos solúveis totais (SST) e acidez titulável foram determinados no suco extraído das amostras de 20 frutos. A firmeza de polpa foi determinada em dois lados, no equador do fruto, onde foi previamente retirada a epiderme, com auxílio de um penetrômetro motorizado com ponteira de 11mm de diâmetro. O teor de SST foi determinado com auxílio de um refratômetro manual, com correção da temperatura, e os valores expressos em graus brix. A acidez titulável foi determinada através de titulação de 10mℓ de suco, diluídos em 100mℓ de água destilada, com solução de NaOH 0,1N até pH 8,1. Na avaliação de ocorrência de podridões, frutos com lesões com diâmetro igual ou superior a 0,5cm, com características de ataque de patógenos foram considerados podres. A degenerescência interna foi avaliada através da visualização da polpa dos frutos, submetidos a diversos cortes transversais para expor o interior da polpa para avaliação. Foi determi-

nada através da contagem de frutos com qualquer tipo de escurecimento na polpa. A escaldadura foi avaliada através do levantamento de frutos com sintomas de escurecimento na epiderme, não decorrente de podridões. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade de erro, separadamente, para cada temperatura. Valores expressos em porcentagem foram transformados em arco seno.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em atmosfera controlada houve uma maior manutenção da firmeza de polpa e acidez titulável principalmente na condição de ultra-baixo oxigênio (Tabelas 1 e 2), estando este resultado de acordo com BOHLING & HANSEN, (1985) e SMITH, (1984) que evidenciaram o efeito benéfico de concentrações ultra baixas de O_2 na manutenção da qualidade de maçãs.

Nas duas análises realizadas, na abertura das câmaras e após 14 dias, os frutos mantidos em AR (Tabela 1 e 2) apresentaram maior perda de firmeza de polpa e acidez titulável, além de maiores índices de podridões, degenerescência interna e escaldadura, demonstrando a maior e mais rápida perda de qualidade em AR. Após cinco meses os frutos já apresentavam qualidade insatisfatória para a comercialização. Segundo MEHERIUK (1989), o período máximo para o armazenamento refrigerado de 'Golden Delicious' é de 5 a 6 meses.

Em condições de AC, a manifestação de degenerescência interna, na abertura das câmaras foi, de modo geral, baixa (Tabela 1), demonstrando tolerância da maçã 'Golden Delicious' à concentração de 6% de CO_2 em combinação com concentração ultra baixa de O_2 (1%). STREIF (1985), também verificou que 1% de O_2 combinado com altas concentrações de CO_2 não promovem danos aos frutos. Nas análises realizadas após 14 dias (7 dias em armazenamento refrigerado e 7 dias em temperatura ambiente de 23°C), houve maior incidência de degenerescência e escaldadura na temperatura de -0,5°C e extremamente alta quando associado à concentração de 6,0% de CO_2, confirmando resultados de COUEY & OLSEN (1975), que salientam que concentrações superiores a 3,0% de CO_2, na temperatura de -1°C a 0°C, causam danos em 'Golden Delicious'. Esse distúrbio fisiólogico, possivelmente foi devido ao bloqueio excessivo do metabolismo dos frutos pelo efeito acumulativo da baixa temperatura e alto CO_2, sendo, por isso, a temperatura de +0,5°C a mais indicada para o armazenamento desta cultivar por um longo período.

A incidência de podridões em atmosfera controlada foi baixa quando comparada com condições de armazenamento refrigerado, evidenciando o efeito benéfico das condições de AC na redução de podridões. Isto se deve ao maior retardamento da maturação dos frutos, que no estadio maduro se tornam altamente sensíveis ao ataque de fungos (BRACK MANN *et al.*, 1996).

Em ambas as análises, os SST não apresentaram diferenças significativas entre os diferentes tratamentos (Tabela 1 e 2), resultado também observado por BRACKMANN (1990), que explicou ser devido ao fato de que os

Tabela 1 - Qualidades físico-químicas da maçã 'Golden Delicious' após 8,5 meses de armazenamento em atmosfera controlada com altas concentrações de CO2 e ultra-baixas de O_2. Santa Maria, RS, 1994.

CO_2/O_2 (%)	Temperatura (°C)	Firmeza da polpa (N/cm2)	SST (%)	Acidez titulável (meq/100ml)	Podridão (%)	Degenerescência interna (%)
Inicial**	-	70,78	12,2	6,20	0,0	0,0
6,0/1,0	+ 0,5	60,39a*	12,9a	3,71a	1,8 b	1,8a
6,0/1,5	+ 0,5	58,37ab	12,7a	3,59a	2,9 b	0,6a
4,0/1,0	+ 0,5	59,04a	12,9a	3,86a	2,2 b	0a
4,0/2,0	+ 0,5	57,79ab	12,9a	3,28 b	2,9 b	0a
4,0/3,0	+ 0,5	54,29 b	13,0a	2,97 c	3,4 b	0,6a
0/21***	+ 0,5	29,12 c	12,5a	0,93a	8,0a	0a
6,0/1,0	- 0,5	60,12ab	12,8a	3,20a	1,8 b	1,2a
6,0/1,5	- 0,5	58,19 bc	12,9a	3,11a	0,6 b	0,6a
4,0/1,0	- 0,5	62,76a	13,2a	3,36a	2,3ab	0a
4,0/2,0	- 0,5	55,86 c	12,5a	3,13a	0 b	0,6a
4,0/3,0	- 0,5	48,65 d	12,8a	2,81a	1,1 b	0a
0/21***	- 0,5	29,07 e	13,0a	1,01 b	3,5a	0,6a

* Tratamentos com médias não seguidas pela mesma letra na vertical, na mesma temperatura, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.
** Análise físico-química realizada na instalação do experimento.
*** Armazenamento refrigerado.

Tabela 2 - Qualidades físico-químicas da maçã 'Golden Delicious' após 8,5 meses de armazenamento em atmosfera controlada com altas concentrações de CO_2 e ultra-baixas de O_2 e mais 14 dias em condições de simulação de beneficiamento e comercialização, Santa Maria, RS, 1994.

CO_2/O_2 (%)	Temperatura (°C)	Firmeza da Polpa (N/cm2)	SST (%)	Acidez titulável (meq/100ml)	Podridão (%)	Escaldadura (%)	Degenerescência interna (%)
6,0/1,0	+ 0,5	51.43ab*	13,1a	3,30a	2,2 b	0a	4,4 b
6,0/1,5	+ 0,5	52.77ab	13,5a	3,21ab	0 b	1,1a	2,2 b
4,0/1,0	+ 0,5	54.07a	12,9a	3,37a	1,1 b	1,1a	4,4 b
4,0/2,0	+ 0,5	48.11 b	13,0a	2,83 bc	3,3 b	0a	1,1 b
4,0/3,0	+ 0,5	48.65 b	13,1a	2,61 c	1,1 b	0a	0 b
0/21**	+ 0,5	28.8 c	11,1a	0,88 d	40,0a	0a	30,0a
6,0/1,0	- 0,5	60.56a	13,4a	3,16ab	6,7 b	3,3 b	20,0a
6,0/1,5	- 0,5	51,20 b	13,1a	2,90 bc	4,4 b	2,2 b	34,4a
4,0/1,0	- 0,5	57.88a	13,1a	3,28a	6,7 b	3,3 b	17,4 b
4,0/2,0	- 0,5	51.60 b	12,8a	2,52 d	1,1 c	1,1 b	11,1 b
4,0/3,0	- 0,5	44.88 c	13,1a	2,58 cd	1,1 c	4,4 b	15,6 b
0/21**	- 0,5	31.44 d	12,0a	0,92 e	14,6a	24,2a	20,0a

* Tratamentos com médias não seguidas pela mesma letra na vertical, na mesma temperatura, diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.
** Armazenamento refrigerado.

SST são degradados pelo processo respiratório após uma acentuada degradação dos ácidos orgânicos.

CONCLUSÕES

A maçã 'Golden Delicious' apresenta melhor manutenção das qualidades físico-químicas após 8,5 meses de armazenamento em concentração ultra baixa de O_2 (1%) combinado com 4% de CO_2. Esta maçã tolera até 6% de CO_2 combinado com concentração ultra baixa de O_2 (1%) na temperatura de +0,5°C, porém esta condição de atmosfera controlada na temperatura de -0,5°C aumenta a manifestação de degenerescência interna. A temperatura de +0,5°C é a mais indicada para cv. 'Golden Delicious'.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Associação Brasileira de Produtores de Maçã e a Empresa Renar pela colaboração na execução deste projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOHLING, H., HANSEN, H. Influence of low O_2 content on the quality of several apple cultivars. PROC. OF THE WORKSHOP ON POME-FRUIT QUALITY. **Proccedings,** Bonn, p. 243-247, 1984.

BOHLING, H., HANSEN, H. Untersuchungen üeber das Lagerungsverhalten von Äpfeln in kontrollierten Atmosphären mit sehr niedrigen Sauerstoffanteilen. **Erwerbsobstbau**, Berlin, v. 27, p. 80-84, 1985.

BRACKMANN, A. Einfluss von Lagerung unter kontrollierter Atmosphäre (CA) und Äthylenebehandlungen auf verschiedene Merkmale der Fruchtreife unter besonderer Berücksichtigung der Aromabildung bei Äpfeln. Hohenheim, 115 p. (Tese de Doutorado - Ciências Agrárias) Universidade de Hohenheim, Alemanha, 1990.

BRACKMANN, A., SAQUET, A.A., VEIGA, V.V., *et al.* Efeito das concentrações de CO_2 e O_2 sobre a supressão do crescimento e esporulação de ***Penicillium expansum*** (link.) Thom, "**in vitro**". **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas (em prelo, 1996).

COUEY, H.M., OLSEN, L.L. Storage response of 'Golden Delicious' apples after high-carbon dioxide treatment. **J Amer Soc Hort Sci,** Alexandria, v. 100, n. 2, p. 148-150, 1975.

LANGE, E., FICA, J., PLICH, H., *et al.* The response of preclimacteric McIntosh apples to ethylene removal from ultra low oxygen atmospheres. **XXI INT HORT CONG** Hamburg, v. 1, p. 1219, 1982.

LAU, O.L., LOONEY, N.E. Improvement of fruit firmness and acidity in controlled atmosphere stored 'Golden Delicious' apples by a rapid O_2 reduction procedure. **J Amer Soc Hort Sci**, Alexandria, v. 107, n. 4, p. 531-534, 1982.

LIDSTER, P.D., MCRAE, K.B., KATHERINE, A.S. Responses of 'McIntosh' apples to low oxygen storage **J Amer Soc Hort Sci**, Alexandria, v. 106, n. 2, p. 159-162, 1981.

MEHERIUK, M. CA Storage of apples. In: FIFTH INTERNACIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, Washington, 1989. **Proceedings...** Washington, v. 2, p. 257-284, 1989.

MEHERIUK, M. CA Storage Conditions for apples, pears, and nashi, In: CA'93. SIXTH INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, New York, 1993. **Proceedings...** New York, v. 2, p. 819-858, 1993.

SCHARPLES, R.O. Effects of ultra-low oxygen conditions on the storage quality of English Cox's Orange Pippin apples. In: SYMPOSIUM SERIES. **Anais...**, Oregon State University, School of Agriculture, 1982.

SCHOUTEN, S.P. ULO, Ethyleen en Kwaliteit. **Fruitteelt**, Wageningen, v. 78, n. 1, p. 20-22, 1988.

SMITH, S.M. Improvement of aroma of Cox's Orange Pippin apples stored in low oxygen atmospheres. **J Hort Sci**, Alexandria, v. 59, p. 515-422, 1984.

STREIF J. Qualitätsprobleme bei Apfellagerung. **Obstbau**, Berlin, v. 10, p. 177-179, 1985.

TRUTER, A.B., EKSTEEN, G.J. Storage potential of apples under controlled atmosphere storage at ultra-low oxygen concentrations. **The Decidious Fruit Grower**, Cape Town, p. 141-145, 1987.