

DETERMINAÇÃO DE ETILENO EM CÂMARAS FRIAS DE ATMOSFERA CONTROLADA EM SANTA CATARINA¹

RENAR JOÃO BENDER²

RESUMO - O conhecimento da importância dos níveis de etileno no período de pré-maturação de maçãs induziu à implementação de métodos para diminuir a sua síntese e atuação em frigoconservação com atmosfera controlada (AC). A quantidade de etileno liberada por maçãs em pós-colheita depende, entre outros fatores, da cultivar, do ponto de colheita e, quando em armazenagem, da temperatura e das combinações de O₂ e CO₂. Com o objetivo de determinar o volume de etileno liberado pelas maçãs estocadas em AC e os possíveis efeitos destes níveis no ambiente da câmara sobre a qualidade dos frutos, foi feito um acompanhamento, no ano de 1987, de três unidades de armazenagem, em dois frigoríficos em Fraiburgo, SC. Nas amostras de ar colhidas a intervalos semanais foram determinadas as concentrações de etileno, variando de 1,8 ppm a 393,3 ppm. Estas diferenças são consequência dos diferentes estádios de maturação em que as maçãs foram colhidas e da demora na estabilização da temperatura e na composição da atmosfera de O₂ e CO₂, das unidades de armazenagem. Nas análises de firmeza da polpa, dos teores de sólidos solúveis totais e da acidez titulável, não foram encontradas diferenças significativas.

Termos para indexação: maçãs, frigoconservação, maçã - armazenagem, cultivar, pré-maturação, pré-colheita.

DETERMINATION OF ETHYLENE IN CONTROLLED ATMOSPHERE COLD STORES IN SANTA CATARINA, BRAZIL

ABSTRACT - The knowledge of the importance of ethylene levels during the pre-climacteric stage of apples led to the implementation of methods in order to diminish its synthesis and action in controlled atmosphere (CA) stores. Ethylene release from stored apples mainly depends on the cultivar, harvest date, and storage conditions (Temperature and combination levels of O₂ and CO₂). In order to determine ethylene levels in three CA stores and the possible effects of these levels on the quality of the apples, air samples were monitored at weakly intervals during the year of 1987. The ethylene concentrations measured ranged from 1,8 ppm to 393,3 ppm. These variations in ethylene levels are due to differences in the stage of ripening of the picked fruit and to delay in establishing the wished storage temperature and atmosphere (O₂ and CO₂). Measurement of flesh firmness, total soluble solids and titratable acidity did not show significant differences.

Index terms: apples, storage, harvest date, cultivar, pre-climacteric stage.

INTRODUÇÃO

O etileno atua no metabolismo de plantas em funções bastante diversificadas, como o crescimento, desenvolvimento e senescência, mas primordialmente como hormônio de maturação.

Nas semanas que antecedem a maturação de maçãs, as concentrações de etileno na câmara de sementes e nos espaços intercelulares são praticamente não detectáveis. Com a aproximação da maturação fisiológica, a liberação de etileno dos frutos aumenta significativamente.

Na frigoconservação a biosíntese de etileno continua ocorrendo mesmo com a diminuição da velocidade dos processos metabólicos dos frutos. A quantidade de etileno produzida pelos frutos durante a frigoconservação depende

¹ Aceito para publicação em 11 de dezembro de 1989

² Eng.-Agr., M.Sc. EMPASC/Estação Experimental de Caçador, Caixa Postal D-1, CEP 89500 Caçador, SC.

do período de armazenamento, da temperatura de armazenagem e da constituição da atmosfera (concentrações de oxigênio e dióxido de carbono).

A razão da síntese de etileno entre maçãs varia amplamente, e nas mesmas condições de temperatura e atmosfera, podem ser detectadas diferenças de até dez vezes (Baumann & Henze 1986). Stoll (1972), com armazenagem de maçãs em frio convencional e atmosfera controlada (AC), determinou concentrações de etileno variando de 1 a 500 ppm.

Há, ainda, muita controvérsia sobre os efeitos do etileno na armazenagem, isto é, dos efeitos do etileno sobre os parâmetros de maturação de maçãs. Esta controvérsia é fundamentada pelas diferenças varietais, de temperatura e de composição da atmosfera de armazenagem.

Alguns autores, como Blanpied et al. (1972) e Streif (1978), afirmam que o etileno tem pouca influência na degradação da qualidade de maçãs armazenadas, e que talvez apenas concentrações elevadas, acima de 200 ppm (Baumann & Henze 1986), podem ter um efeito estimulador na evolução da maturação e, conseqüentemente, aumentar as perdas qualitativas.

Mais recentemente Liu (1979) verificou que a degenerescência da cv. McIntosh podia ser controlada com a remoção do etileno da câmara de armazenagem em AC. Blanpied & Samaan (1985) determinaram que valores elevados de firmeza de polpa, ao final do período de armazenagem, estavam associados a baixas concentrações (menos de 1 ppm) de etileno interno nas maçãs, e que estas concentrações foram obtidas com remoção de etileno da câmara de armazenagem, com a colheita antecipada, e com a aplicação de reguladores de crescimento no ciclo vegetativo. Forsyth et al. (1969) obtiveram maçãs da cv. McIntosh com maior firmeza de polpa e acidez titulável, e menor incidência de miolo marrom, em câmaras de AC, com equipamento adsorvedor de etileno.

Esta discussão em torno da necessidade, ou não, da separação de etileno da atmosfera de armazenagem também atingiu os armazenadores brasileiros. Apesar de o volume de maçãs que é armazenado no Brasil ser pequeno, há uma preocupação no sentido de acompanhar todo o desenvolvimento tecnológico que envolve o produto. Na região de Fraiburgo, em Santa Catarina, onde foram instaladas as primeiras câmaras de AC para maçã no Brasil, surgiram preocupações sobre o efeito do acúmulo de etileno.

No presente trabalho foi realizado um acompanhamento de três câmaras frigoríficas comerciais, carregadas com maçãs das cultivares Golden Delicious e Fuji, com o objetivo de determinar as concentrações de etileno liberado por estas maçãs em câmaras de armazenagem em AC, e de verificar o seu efeito sobre a qualidade de frutos armazenados.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a análise das concentrações de etileno foram escolhidas três câmaras comerciais de armazenagem, cada uma com capacidade para 500 toneladas em AC. Duas estavam carregadas com a cv. Golden Delicious, e uma, com a cv. Fuji. O levantamento foi iniciado no dia 2 de abril de 1987.

A primeira unidade de armazenagem, de 500 toneladas da cv. Golden Delicious (doravante a denominaremos Golden Delicious-1), foi fechada no dia 16 de março, e o início da composição da atmosfera ocorreu no dia 21 de abril. A composição constou de 16 horas de geração de nitrogênio (N_2). Ao final deste período, as concentrações atingiram 5,4% de dióxido de carbono (CO_2) e 6,5% de oxigênio (O_2). Esta câmara foi operada a $2,2\% \pm 0,1\%$ de O_2 e $3,8\% \pm 0,1\%$ de CO_2 . A temperatura permaneceu entre $1^\circ C \pm 0,15^\circ C$.

A segunda unidade de armazenagem, também com 500 toneladas da cv. Golden Delicious (a ser denominada Golden Delicious-2), foi fechada no dia 13 de março, e o início da geração de N_2 ocorreu no dia 15 de março, levando 20 horas para atingir 6,7% de O_2 e 4,8% de CO_2 . As condições da atmosfera foram de $1,8\% \pm 0,2\%$ de O_2 e $3,8\% \pm 0,1\%$ de CO_2 . A temperatura foi mantida entre $1,1^\circ C \pm 0,2^\circ C$.

A terceira unidade de armazenagem utilizada para acompanhar a evolução de etileno, estava carregada com a cv. Fuji, tendo sido fechada no dia 28 de abril. O término da composição ocorreu no dia 30 de abril. Esta câmara foi operada com $1,6\% \pm 0,3\%$ de O_2 ; $1,1\% \pm 0,3\%$ de CO_2 e temperatura de $1,8^\circ C \pm 0,2^\circ C$.

As amostras de etileno foram tomadas em intervalos semanais, passando-se ar da unidade de armazenagem pelos analisadores de CO_2 e O_2 e captando-o com mangueira de latex na saída do analisador de O_2 . Em cada tomada de amostra coletou-se um litro de ar em frasco de vidro. As amostras foram analisadas para obtenção da concentração de etileno por cromatografia gasosa, utilizando-se um cromatógrafo a gás, VARIAN 3700, equipado com detector de ionização de chama e coluna de alumina ativada 60-80 mesh, e dimensão de $1\text{ m} \times 1/8''$. De cada amostra foram feitas três injeções de 1 ml cada. O cromatógrafo foi operado com temperatura de forno de $110^\circ C$, temperatura de detector de $160^\circ C$ e temperatura de injetor de $110^\circ C$.

A cada duas amostragens de ar da câmara, foram também coletados 30 frutos por unidade de armazenagem para análise em laboratório. Foram avaliados os seguintes parâmetros, conforme Bender & Ebert (1986): firmeza de polpa, teor de sólidos solúveis totais (SST) e acidez titulável. Também foram avaliados o peso médio da amostra e a ocorrência de distúrbios fisiológicos e podridões.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A questão do etileno em unidade de armazenagem sempre esteve ligada à preocupação com a ocorrência de perdas qualitativas nas maçãs. Principalmente na degradação da firmeza da polpa, das clorofilas e dos ácidos orgânicos, e na ocorrência de distúrbios fisiológicos causados por concentrações elevadas de etileno.

Ao iniciar o período de armazenagem em AC, i.e., final de composição de atmosfera, as concentrações iniciais de etileno interno de maçãs das cultivares Golden Delicious e Fuji já estavam elevadas (Tabela 1), o que indica que as maçãs se encontravam no estágio pós-climático. No ponto de colheita para frigoconservação, as concentrações de etileno interno

TABELA 1. Concentrações em ppm, de etileno interno em maçãs das cv. Golden Delicious e Fuji, armazenadas em AC.

Cultivar	Final de composição da atmosfera (ppm)	Final de armazenagem (ppm)
Golden Delicious - 1 (oxigênio em 2,2%)	21,94	413,40
Golden Delicious - 2 (oxigênio em 1,8%)	25,04	377,00
Fuji (oxigênio em 1,6%)	12,43	30,50

de maçãs não devem exceder à concentração de 0,4 a 0,7 ppm na cv. Golden Delicious e à concentração de 0,7 a 1,0 ppm na cv. Fuji.

Nesta condição de maturação avançada das maçãs não é mais possível refrear a síntese e a liberação de etileno interno, o que provoca um acúmulo deste dentro da unidade de armazenagem. Mesmo assim não foi possível verificar a influência das concentrações elevadas de etileno do ambiente, na cv. Golden Delicious, sobre os parâmetros avaliados, Baumann & Henze (1986) afirmam, no entanto, que concentrações de 200 ppm têm efeito sobre a evolução da maturação durante a frigidificação. Streif (1978), trabalhando com a cv. Golden Delicious, verificou que altas concentrações de etileno têm apenas um leve efeito sobre a qualidade e maturação das maçãs estocadas, quando a colheita dos frutos foi feita no estágio pré-climático.

Na avaliação das amostras retiradas das câmaras não se verificou, pelos parâmetros analisados, diminuição da qualidade. O período relativamente curto de armazenagem contribuiu para que a firmeza da polpa, o sólidos solúveis totais e a acidez titulável permanecessem praticamente inalterados durante a frigoconservação (Tabela 2). Outro fator que contribuiu para a manutenção qualitativa foi a concentração de oxigênio da atmosfera que

TABELA 2. Degradação de parâmetros de qualidade de maçãs das cv. Golden Delicious e Fuji, armazenadas em atmosfera controlada (AC).

Cultivar	Parâmetro	Firmeza da Polpa (N/cm ²)*	Sólidos solúveis totais (%)	Acidez Titulável (meq/100 ml)
Fuji				
	- início da avaliação	73,2	12,9	5,79
	- final da avaliação	70,6	13,6	4,81
Golden Delicious - 1				
	- início da avaliação	68,2	15,2	7,39
	- final da avaliação	66,1	14,7	6,37
Golden Delicious - 2				
	- início da avaliação	65,6	14,5	7,64
	- final da avaliação	66,9	14,2	7,01

* N/cm² = 1 Newton/cm² e igual a 0,225 lbs/cm²

permaneceu abaixo de 2,2%. Conforme Bohling & Hansen (1985), concentrações baixas de oxigênio têm efeito positivo na manutenção da firmeza da polpa, dos sólidos solúveis e da acidez titulável.

Com relação a distúrbios fisiológicos (Forsyth et al. 1969 e Liu 1979), não se verificou, neste acompanhamento de câmaras, ocorrência de problemas de ordem fisiológica nas maçãs. O surgimento de problemas fisiológicos em pós-colheita depende principalmente da predisposição das cultivares na manifestação dos danos. As cultivares Golden Delicious e Fuji, nas condições do sul do Brasil, apresentam em maior grau problemas fisiológicos de origem nutricional, como, por exemplo, as manchas de cortiça superficial (bitter pit). Com períodos prolongados de armazenagem pode ocorrer degenerescência interna da polpa nestas cultivares, o que efetivamente não foi detectado na avaliação das amostras ao final de 116 dias de armazenagem, da cv. Golden Delicious, e 84 dias da cv. Fuji.

As concentrações de etileno determinadas nas três unidades de armazenagem variaram muito, sendo que a evolução da liberação de

etileno apresentou o mesmo padrão já verificado em outros trabalhos. A concentração máxima determinada no ambiente foi de 393,3 ppm, em uma câmara com a cv. Golden Delicious; na outra câmara, carregada com a cv. Golden Delicious, determinou-se a concentração máxima de 257,3 ppm. Já na câmara com a cv. Fuji, a concentração máxima foi de 45,3 ppm (Fig. 1).

O acúmulo de etileno dentro da unidade de armazenagem, além do ponto de colheita, também pode ser consequência da demora na composição da atmosfera, e da temperatura da câmara. O tempo transcorrido entre o fim do carregamento até o final da composição da atmosfera foi de dois dias para a cv. Fuji, três dias para a cv. Golden Delicious com oxigênio a 1,8%, e de cinco dias para a cv. Golden Delicious com oxigênio a 2,2%. Esta demora no estabelecimento das condições de operação das câmaras não proporcionou redução da atividade metabólica das maçãs, permitindo a evolução da síntese de etileno. Em consequência desta evolução, já no início do período de armazenamento foi possível determinar concentrações de etileno do ambiente, de 18,23 ppm e 39,12 ppm para a cv. Golden Delicious, em baixo e alto oxigênio, respecti-

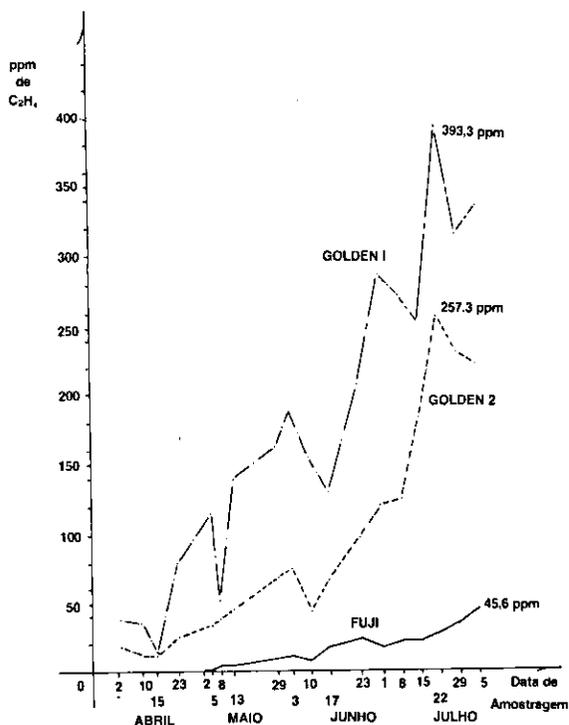


FIG. 1. Liberação de etileno em três câmaras de armazenamento de maçãs em atmosfera controlada, em Santa Catarina.

vamente, enquanto que para a cv. Fuji determinaram-se 2,55 ppm.

Com a utilização de adsorventes "scrubber", de carvão ativado nas unidades em AC de armazenamento de maçãs, o acúmulo de etileno é refreado, pelo menos parcialmente. Como há necessidade de funcionamento das torres para adsorção do CO_2 produzido pela respiração das maçãs estocadas, e o carvão ativado tem a capacidade de igualmente adsorver etileno, há uma retirada de etileno do ambiente da câmara toda vez que o adsorvedor entra em funcionamento. A Fig. 2 mostra o efeito do adsorvedor na adsorção de etileno. A amostragem feita na entrada da torre de adsorção, de uma terceira câmara com Golden Delicious, indica a concentração de etileno na unidade de armazenagem. A amostragem na saída da torre quando esta estava sendo regenerada indica a concentração de etileno que havia si-

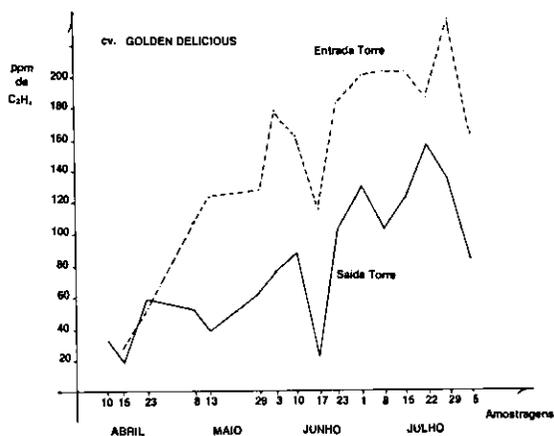


FIG. 2. Concentrações de etileno, determinadas na entrada e saída da torre de adsorção, na regeneração de uma câmara em atmosfera controlada, em Santa Catarina. Atmosfera de armazenagem: $2,2\% \pm 0,1\%$ de O_2 e $3,8\% \pm 0,1\%$ de CO_2 com temperatura a $1,1^\circ\text{C}$.

do adsorvido, o que permite uma redução das concentrações de etileno da câmara. Esta redução da concentração é tanto maior quanto maior for o tempo de funcionamento das torres. O carvão ativado é eficiente na adsorção de etileno; no entanto, conforme Baumann & Henze (1986), para a máxima eficiência é necessário um tempo maior de passagem do ar da câmara pela torre, o que não é mais funcional do ponto de vista da adsorção de CO_2 .

CONCLUSÕES

1. A concentração de etileno no ambiente das unidades de armazenagem não teve efeito sobre a evolução da maturação de maçãs das cultivares Golden Delicious e Fuji.
2. As cultivares Golden Delicious e Fuji não apresentaram predisposição à ocorrência de distúrbios fisiológicos em consequência de altas concentrações de etileno.
3. O adsorvedor de carvão ativado teve efeito na redução parcial das concentrações de etileno das câmaras de armazenagem em AC.

REFERÊNCIAS

- BAUMANN, H. & HENZE, J. Ethylenproduktion, - wirkung und - adsorption bei der Apfella- gerung. *Erwerbsobstbau*, **28(7):203-4**, 1986.
- BENDER, R.J. & EBERT, A. Previsão do ponto de colheita para maçãs, cultivar Fuji. In: CON- GRESSO BRASILEIRO DE FRUTICUL- TURA, 8., Brasília, 1986. *Anais...* Brasília. Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1986. p.341-8.
- BLANPIED, G.D.; CADUN, O.; TAMURA, T. Ethylene in apple and pear experimental CA chambers. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, **97(2):207-9**, 1972.
- BLANPIED, G.D. & SAMAAN, L.G. Internal Ethylene concentrations of 'McIntosh' apples after harvest. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, **107(1):91-3**, 1985.
- BOHLING, H. & HANSEN, H. Untersuchungen ueber das Lagerungsverhalten von Aepfel in kontrollierten Atmosphaeren mit sehr niedrigen Sauerstoffanteilen. *Erwerbsobstbau*, **27(4): 80-4**, 1985.
- FORSYTH, F.R.; EAVES, C.A.; LIGHTFOOT, H.J. Storage quality of 'McIntosh' apples as affected by removal of Ethylene from the sto- rage atmosphere. *Can. J. Plant. Sci.*, **49:567-72**, 1969.
- LIU, F.W. Interaction of Daminozide, harvesting date, and Ethylene in CA storage on 'McIntosh' apple quality. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, **104(5):599-601**, 1979.
- STOLL, K. Lagerungsversuche mit Aepfeln Cox's Orange in kontrollierte Atmosphaere. *Schweiz. Z. Obst. Weinbau*, **108:391-3**, 1972.
- STREIF, J. Wirkung von Aethylen auf die Fruch- treife von Aepfeln im CA-Lager. *Garten- bauwissenschaft*, **43(2):54-8**, 1978.