

RESPOSTA DA MAÇÃ cv. FUJI AO ETILENO NO ARMAZENAMENTO EM ATMOSFERA CONTROLADA

RESPONSE OF FUJI APPLES TO ETHYLENE IN CONTROLLED ATMOSPHERE STORAGE

Auri Brackmann¹ Alessandro Jaquiel Waclawovsky² Joel Donazzolo²

RESUMO

Conduziu-se um experimento com o objetivo de avaliar o efeito das concentrações de etileno sobre a manutenção da qualidade e ocorrência de distúrbios fisiológicos na maçã cv. Fuji armazenada em atmosfera controlada (AC) com 1kPa de O₂ e 0,2kPa de CO₂ na temperatura de 0,5°C. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com três repetições. Os tratamentos avaliados foram: 0,25; 20; e, 800µL.L⁻¹ de etileno. As avaliações foram realizadas após nove meses de armazenamento, no momento da abertura das câmaras e após sete dias de exposição a 25°C. Somente os frutos mantidos em 800µL.L⁻¹ de etileno durante o período de conservação em AC foram influenciados pelo etileno, apresentando maior respiração e síntese de etileno, menor firmeza de polpa e cor de fundo da epiderme mais amarela do que aqueles armazenados com 0,25 ou 20µL.L⁻¹ de etileno na atmosfera da câmara. A maçã 'Fuji' apresentou baixa sensibilidade a altas concentrações de etileno durante o armazenamento em AC, não se justificando a sua absorção em câmaras comerciais.

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

SUMMARY

The experiment was carried out aiming to evaluate the effect of ethylene concentrations on the quality and occurrence of physiological disorders on Fuji apples stored in controlled atmosphere (CA) with 1kPa O₂ / 0.2kPa CO₂ at 0.5°C. The treatments applied were: 0.25; 20; and 800µL.L⁻¹ ethylene. The evaluations were accomplished after nine months of storage, at the opening of the chambers and after seven days in shelf life (25°C). Only the fruits kept at 800µL.L⁻¹ ethylene during storage period were influenced by the ethylene, showing higher respiration and ethylene biosynthesis, lower firmness and more yellow background color of the peel than those stored with 0.25 or 20µL.L⁻¹. Fuji apples presented low sensibility to high ethylene concentrations during storage in AC, therefore absorption is not recommended in commercial storage rooms.

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

INTRODUÇÃO

A presença de etileno na atmosfera das câmaras frigoríficas pode acelerar as perdas de qualidade de frutos armazenados. Em algumas cultivares de maçã, como a 'Gala', a remoção do etileno das câmaras mostrou efeitos benéficos (BRACKMANN & SAQUET, 1997; BRACKMANN & CERETTA, 1999). No entanto, na cultivar 'McIntosh' (LIDSTER *et al.*, 1983) isto não foi constatado.

A eficiência da técnica de absorção do etileno depende das condições a que estes frutos estão submetidos durante o período de conservação, principalmente da temperatura e dos níveis de oxigênio. Conforme TRUTER *et al.* (1991), a temperatura tem maior influência na qualidade de maçãs cv. Golden Delicious do que a concentração de etileno na câmara frigorífica. LEVENTISZ-HUSZÁR *et al.* (1994) mostraram que o etileno não tem muita importância quando as maçãs são armazenadas sob refrigeração comercial, pois o alto conteúdo de oxigênio é o fator que propicia a maior taxa de amadurecimento dos frutos mantidos nestas condições. VAN SCHAİK & BOERRIGTER (1989) somente detectaram benefícios na absorção do etileno das câmaras em maçãs cv. Belle de Boskoop, com 3kPa de O₂, mas, ao baixar o O₂ para 1kPa os efeitos da remoção do etileno desapareceram.

¹Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor do Departamento de Fitotecnia (DF), Centro de Ciências Rurais (CCR), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 97105-900, Santa Maria - RS. E-mail: brackman@ceta.ccr.ufsm.br. Autor para correspondência.

²Engenheiro Agrônomo, Aluno do Programa de Pós-graduação em Agronomia (PPGA/UFSM), Santa Maria - RS. Bolsista CAPES.

Entretanto, o armazenamento em atmosfera controlada (AC), no qual os níveis de O₂ e CO₂ são controlados, a absorção de etileno pode trazer benefícios, como já anteriormente citados para a cv. Gala. Segundo FAN (1992), maçãs armazenadas em AC apresentam menor síntese autocatalítica de etileno do que aquelas em armazenamento refrigerado (AR). Apesar disto, em AC, as concentrações de etileno podem chegar, em alguns casos, a 1400µℓ.L⁻¹ (TRUTER & COMBRINK, 1989), valor superior aos encontrados em AR (LEVENTISZ-HUSZÁR *et al.*, 1994). Isto ocorre porque não há renovação do ar nas câmaras de AC.

BENDER & STUKER (1993) observaram em maçãs 'Fuji' que as concentrações de etileno no interior das câmaras comerciais de AC, a 1,8 - 2,2°C com 1,5 - 1,8kPa de O₂ e 1,0 - 1,2kPa de CO₂, atingiram 427,6µℓ.L⁻¹. Eles constataram também uma redução na acidez titulável dos frutos quanto maior era a concentração de etileno durante o armazenamento. BRACKMANN *et al.* (1995) observaram que maçãs 'Fuji', armazenadas a 1°C em 3,0kPa de O₂ e 3,0kPa de CO₂, apresentaram maior firmeza de polpa e acidez titulável, após oito meses de armazenamento com absorção de etileno.

Desta maneira, o objetivo do presente trabalho foi estudar a sensibilidade da maçã 'Fuji' ao etileno, avaliando sua qualidade após longo período de armazenamento em AC com baixa concentração de oxigênio (1kPa) e em baixa temperatura (0,5°C).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Núcleo de Pesquisa em Pós-colheita (NPP) do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria. Os frutos da cv. Fuji, provenientes de um pomar comercial da empresa Valentino de Vacaria - RS, foram armazenados, 24h após a colheita, em minicâmaras de atmosfera controlada (AC) com volume de 232 litros cada. Os frutos foram previamente selecionados e homogêneos. A umidade relativa (UR) no interior das câmaras permaneceu em torno de 97%, a temperatura foi de 0,5°C (com variação de ±0,2°C) e a atmosfera de armazenamento utilizada foi de 1kPa O₂ e 0,2kPa CO₂.

Para manutenção das concentrações desejadas de gases nas minicâmaras, foi realizada uma análise diária com analisadores de O₂ e CO₂, marca Agri-Datalog conforme metodologia descrita por BRACKMANN & CERETTA (1999). Utilizou-se 2kg de cal hidratada no interior das minicâmaras para que a pressão parcial de CO₂ não ultrapassasse 0,2kPa.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com três tratamentos, três repetições e a unidade experimental de 40 frutos. Os tratamentos foram 0,25, 20 e 800µℓ.L⁻¹ de etileno. A concentração de 0,25µℓ.L⁻¹ foi obtida através da circulação constante da atmosfera da minicâmara por um filtro que continha permanganato de potássio com o auxílio de uma bomba de ar com fluxo de 240ℓ.h⁻¹. A concentração média de 20µℓ.L⁻¹ foi mantida pela síntese natural de etileno pelos frutos. A concentração de 800µℓ.L⁻¹ foi conseguida com a injeção deste gás no interior da minicâmara.

A concentração do etileno foi monitorada a cada 72 horas, coletando-se uma amostra da atmosfera de cada minicâmara e analisando-a em um cromatógrafo a gás, de acordo com a metodologia descrita por BRACKMANN & CERETTA (1999).

As avaliações da qualidade das maçãs foram feitas na instalação do experimento, para caracterizar o estágio de maturação na colheita, e após nove meses de armazenamento, no momento da abertura das minicâmaras e após sete dias a 25°C, simulando o período de comercialização. Os parâmetros de qualidade avaliados foram: firmeza da polpa, conteúdo de sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável, cor de fundo da epiderme, degenerescência senescente, degenerescência com cortiça e ocorrência de podridões, de acordo com a metodologia descrita por BRACKMANN *et al.* (1995). No momento da colheita os frutos apresentavam 63,6N de firmeza da polpa, 13,8°Brix de sólidos solúveis totais (SST), 3,5cmol.L⁻¹ de acidez titulável e 6,8 de índice de iodo-amido, numa escala de 1 a 10.

As médias das variáveis analisadas, cujo efeito dos tratamentos foi significativo na análise da variância pelo teste de F, foram comparadas através do teste de Duncan em nível de probabilidade de erro de 5%. As variáveis expressas em porcentagem, foram transformadas pela fórmula $\text{arc. sen} \sqrt{x/100}$ antes da análise estatística.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após nove meses de conservação não foi verificado efeito significativo das concentrações de etileno na atmosfera da câmara durante o armazenamento sobre os parâmetros de qualidade da maçã cv. Fuji (Tabela 1). Evidentemente, o ponto ideal de maturação na colheita e as condições adequadas de armazenamento, ou seja, baixa temperatura (0,5°C) e baixa concentração de O₂ (1kPa), utilizadas neste experimento, podem ter influenciado os resultados.

Tabela 1 - Efeito da concentração de etileno sobre a qualidade da maçã cv. Fuji após nove meses de armazenamento a 0,5°C e atmosfera controlada com 1,0kPa de O₂ e 0,2kPa de CO₂. Santa Maria, RS, 1999.

Concentração de etileno (μℓ.L ⁻¹)	Respiração (mlCO ₂ .kg ⁻¹ .h ⁻¹)	Síntese de etileno (μlC ₂ H ₄ .kg ⁻¹ .h ⁻¹)	Firmeza de polpa (N)	Acidez titulável (cmol.L ⁻¹)	SST (°Brix)	Cor (1 - 10)	Podridão (%)	Degenerescência senescente (%)	Degenerescência com cortiça (%)
0,25	3,33 ^{ns}	0,06 b*	65,35 ^{ns}	2,73 ^{ns}	14,57 ^{ns}	8,23 ^{ns}	10,06 ^{ns}	5,92 ^{ns}	0,00 ^{ns}
20	3,48	0,26 b	63,91	2,81	13,90	8,53	6,67	7,66	10,23
800	3,54	0,92a	65,83	2,64	13,60	8,49	15,75	2,38	0,00
Média	3,42	0,41	65,03	2,72	14,02	8,41	10,83	5,32	3,41
CV (%)	6,17	39,83	4,43	8,99	3,80	3,21	31,84	70,63	78,20

^{ns} Efeito dos tratamentos não significativo pelo teste de F (5% de erro).

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

Conforme TRUTER & COMBRINK (1989), concentrações de etileno de até 600μℓ.L⁻¹ não aceleram a maturação quando a temperatura de armazenamento de maçãs está abaixo de 2,8°C. Resultados positivos da absorção de etileno durante o armazenamento em AC foram encontrados em maçãs 'Fuji' (BRACKMANN *et al.*, 1995), no entanto, a concentração de O₂ utilizada foi de 3,0kPa. VAN SCHAİK & BOERRIGTER (1989) observaram que a redução do O₂ de 3,0 para 1,0kPa reduziu os efeitos da absorção de etileno em maçãs cv. Belle de Boskoop. Por isso, a baixa temperatura e a baixa concentração de oxigênio podem ter reduzido o efeito da absorção de etileno sobre o retardamento da maturação.

Depois do armazenamento e da exposição dos frutos à temperatura de 25°C por sete dias (Tabela 2), a alta concentração de etileno no armazenamento estimulou a perda de firmeza de polpa e a degradação das clorofilas da epiderme. Provavelmente, os altos níveis de O₂ e a alta temperatura durante estes sete dias proporcionaram

uma maior sensibilidade ao etileno, pois os frutos mantidos em 800μℓ.L⁻¹ de etileno, apresentaram maior síntese autocatalítica de etileno e maior respiração, indicando maior metabolismo celular e, conseqüentemente, uma maior taxa de amadurecimento.

A absorção do etileno em câmaras frigoríficas com maçãs 'Fuji', a princípio, só se justificaria se as concentrações de etileno chegassem a níveis muito altos, o que pode acontecer após alguns meses (TRUTER & COMBRINK, 1989; BENDER & STUKER, 1993). Entretanto, conforme BANGERTH (1984), ocorre uma diminuição na sensibilidade ao etileno em maçãs com o decorrer do armazenamento em baixas pressões parciais de O₂. Deve-se ressaltar que neste experimento as concentrações de etileno foram mantidas constantes durante todo o período, diferente do que ocorre em câmaras frigoríficas comerciais de AC, nas quais os altos níveis de etileno são alcançados após cinco ou seis meses, os quais, podem até reduzir posteriormente (BAUMANN & HENZE, 1986).

Tabela 2 - Efeito da concentração de etileno sobre a qualidade da maçã cv. Fuji após nove meses de armazenamento a 0,5°C e atmosfera controlada com 1,0kPa de O₂ e 0,2kPa de CO₂ e mais sete dias de exposição à temperatura de 25°C. Santa Maria, RS, 1999.

Concentração de etileno (μℓ.L ⁻¹)	Respiração (mlCO ₂ .kg ⁻¹ .h ⁻¹)	Síntese de etileno (μlC ₂ H ₄ .kg ⁻¹ .h ⁻¹)	Firmeza de polpa (N)	Acidez titulável (cmol.L ⁻¹)	SST (°Brix)	Cor (1 - 10)	Podridão (%)	Degenerescência senescente (%)	Degenerescência com cortiça (%)
0,25	5,25 b*	1,02 c	65,34a	2,68 ^{ns}	14,30 ^{ns}	8,68 b	31,37 ^{ns}	5,53 ^{ns}	6,86 ^{ns}
20	5,43 b	4,51 b	63,32a	2,72	14,27	8,61 b	11,11	5,88	1,96
800	7,93a	8,35a	58,63 b	2,62	14,27	9,04a	31,88	6,94	5,15
Média	6,20	4,63	62,43	2,67	14,28	8,76	24,79	6,13	4,65
CV (%)	6,48	15,15	2,33	3,92	2,05	1,82	34,40	77,10	66,88

^{ns} Efeito dos tratamentos não significativo pelo teste de F (5% de erro).

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

Portanto, mesmo que a concentração de etileno dentro da câmara de AC atinja altos níveis após alguns meses, as maçãs, provavelmente, estarão menos sensíveis à ação do etileno. Possivelmente, o resultado obtido neste experimento pode ser devido à exposição dos frutos às altas concentrações de etileno desde o início do armazenamento, diferentemente do que acontece em câmaras comerciais.

Em virtude do exposto acima, a absorção de etileno em câmaras frigoríficas de AC trabalhando com baixa concentração de oxigênio e carregada com maçãs da cv. Fuji, não apresenta benefícios significativos, visto que, mesmo em concentrações elevadas de etileno, os frutos apresentavam qualidade adequada para o consumo, com firmeza de polpa de aproximadamente 60N e baixa ocorrência de distúrbios fisiológicos (Tabela 2), demonstrando a baixa sensibilidade desta cultivar ao etileno.

CONCLUSÕES

A maçã 'Fuji' apresenta baixa sensibilidade a altas concentrações de etileno quando armazenada em atmosfera controlada com baixas concentrações de O₂, o que não justifica a sua absorção em câmaras comerciais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANGERTH, F. Changes in sensitivity for ethylene during storage and banana fruits under hypobaric conditions. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v.24, p.151-163, 1984.
- BAUMANN, H., HENZE, J. Ethylenproduktion, wirrung and adsorption bei der apfellagerung. *Erwerbobstbau*, Berlin, v.28, n.7, p.203-204, 1986.
- BENDER, R.J., STUKER, H. Etileno em câmaras frias de atmosfera controlada com maçãs da cv. Fuji. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.28, n.10, p.1103-1108, 1993.
- BRACKMANN, A., CERETTA, M. Efeito da redução dos níveis de etileno e de UR no armazenamento da maçã 'Gala' em atmosfera controlada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.34, n.12, p.2169-2174, 1999.
- BRACKMANN, A., MAZARO, S.M., BORTOLUZZI, G. Qualidade da maçã 'Fuji' sob condições de atmosfera controlada. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.25, n.2, p.215-218, 1995.
- BRACKMANN, A., SAQUET, A.A. Low ethylene and rapid CA storage of 'Gala' apples. *Acta Horticulturae*, Warsaw, n.485, p.79-83, 1997.
- FAN, X. **Maturity and storage of 'Fuji' Apples**. Washington, 1992. 201p. Dissertação (Master of Science in Horticulture) - Washington State University, 1992.
- LEVENTISZ-HUSZÁR, M., SUHÁSZ, É., HARTAI, R. Determination of ethylene produced by apples during storage and possible methods for its removal. *Acta Horticulturae*, Kecskemét, n.368, p.270-275, 1994.
- LIDSTER, P.D., LIGHTFOOT, H.J., McRAE, K.B. Fruit quality and respiration of 'McIntosh' apple in response to ethylene, very low oxygen and carbon dioxide storage atmospheres. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v.20, p.71-73, 1983.
- TRUTER, A.B., COMBRINK, J.C., VRIES, P.J. de. Ethylene concentrations in commercial and experimental CA stores and this effect on fruit quality. *Deciduous Fruit Grower*, Stellenbosch, v.41, n.2, p.50-53, 1991.
- TRUTER, A.B., COMBRINK, J.C. Ethylene levels in commercial CA stores and low ethylene CA storage of 'Golden Delicious', 'Starking' and 'Granny Smith' apples and 'Packham's Triumph' pears. In: INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, 5, 1989, Wenatchee, Washington. **Proceedings...** Wenatchee : Washington State University, 1989. V.1. p.333-339.
- VAN SCHAIK, A.C.R., BOERRIGTER, H.A.M. The effects of low ethylene storage em 1% and 3% oxygen on the quality of apples cv. "Belle de Boskoop". *Acta Horticulturae*, Leuven, n.258, p.69-76, 1989.