

Armazenamento de kiwi cv. Elmwood em atmosfera controlada e manejo do etileno

Storage of 'Elmwood' kiwifruit in controlled atmosphere and ethylene management

Auri Brackmann¹, Anderson Weber², Vanderlei Both^{2*}, Jorge Roque Alves dos Santos³, Rogério de Oliveira Anese²

Recebido em 31/05/2011; aprovado em 12/04/2012.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a conservação de kiwi 'Elmwood' em função das condições de atmosfera controlada (AC), absorção de etileno e aplicação de 1-MCP. Os tratamentos foram: [1] armazenamento refrigerado (AR), [2] AC com 1,5 kPa O₂ e 5,0 kPa CO₂ com absorção de etileno, [3] AC com 2,0 kPa O₂ e 5,0 kPa CO₂ com absorção de etileno [4] AC com 2,0 kPa O₂ e 5,0 kPa CO₂, [5] AC com 2,0 kPa O₂ e 7,0 kPa CO₂ com absorção de etileno. Os frutos de todos os tratamentos permaneceram armazenados durante cinco meses na temperatura de -0,5°C, com e sem aplicação de 1,0 ppm de 1-metilciclopropeno (1-MCP). A aplicação de 1-MCP, neste trabalho, proporcionou um amadurecimento desuniforme nos frutos armazenados em AC, com o amolecimento mais pronunciado da polpa em relação à columela. As três condições de AC apresentaram um efeito semelhante na conservação do kiwi e a absorção de etileno retardou o amadurecimento durante o armazenamento e na vida de prateleira.

PALAVRAS-CHAVE: *Actinidia deliciosa*, firmeza da columela, 1-metilciclopropeno (1-MCP).

SUMMARY

The aim of this work was to evaluate 'Elmwood' kiwifruit conservation under different controlled

atmosphere (CA) conditions, with or without ethylene absorption and inhibition of ethylene action by 1-MCP. The treatments were: [1] cold storage (CS), [2] CA with 1.5 kPa O₂ and 5.0 kPa CO₂ plus ethylene scrubbing, [3] CA with 2.0 kPa O₂ and 5.0 kPa CO₂ plus ethylene scrubbing [4] CA with 2.0 kPa O₂ and 5.0 kPa CO₂ without ethylene scrubbing and [5] CA with 2.0 kPa O₂ and 7.0 kPa CO₂ plus ethylene scrubbing. Fruits from all treatments were stored for five months at -0.5°C, with and without 1.0 ppm of 1-methylcyclopropene (1-MCP). 1-MCP application, on this study, provided an uneven ripening in fruits stored in CA, with more pronounced softening of the pulp in relation to the core. The three CA conditions showed a similar effect on the kiwifruit conservation and the ethylene scrubbing delayed ripening of the fruits during storage and shelf life.

KEY WORDS: *Actinidia deliciosa*, hard core, 1-methylcyclopropene (1-MCP).

INTRODUÇÃO

O período de colheita de kiwi no Brasil ocorre em abril e maio, tornando necessário o armazenamento para ofertar o produto nos demais meses do ano. Entre os principais problemas que ocorrem durante o armazenamento está a rápida perda de firmeza da polpa (NEVES et al., 2003). De acordo com o seu potencial de

¹ Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria -UFSM. Av. Roraima nº 1000, Bairro Camobi, CEP 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil.

² Programa de Pós-graduação em Agronomia - UFSM. E-mail: vanderleiboth@yahoo.com.br. *Autor para correspondência.

³ Agropecuária Schio. Estrada Federal, BR 285, Km 124, Bairro Glória, CEP 95200-000, Vacaria, RS, Brasil.

amadurecimento fora da planta e comportamento da respiração, o kiwi é classificado como fruto climatérico (CHAVES et al., 2002). Segundo Lelièvre et al. (1997), os frutos climatéricos apresentam pico respiratório e também na produção de etileno, sendo esse responsável por desencadear o processo de amadurecimento. O kiwi é altamente sensível ao etileno em pós-colheita, sendo que concentrações a partir de 30 ppb na câmara de armazenamento podem ocasionar o amolecimento e reduzir o período de armazenamento (SALTVEIT, 1999).

Para aumentar o período de armazenamento do kiwi, retardando a maturação do fruto, pode-se adotar, dentre outras técnicas, o armazenamento refrigerado (AR), a atmosfera controlada (AC), o armazenamento com baixas concentrações de etileno e a aplicação de inibidores da ação do etileno como o 1-metilciclopropeno (1-MCP) (SISLER et al., 1996).

O armazenamento refrigerado consiste na redução da temperatura e controle da umidade relativa nas câmaras. A refrigeração reduz a intensidade de respiração do fruto, prolongando assim a sua vida pós-colheita. No entanto, o metabolismo dos frutos ainda permanece alto, quando comparado com o de frutos armazenados em outras técnicas como a AC, por exemplo, o que desencadeia maior amadurecimento, com a perda da firmeza da polpa. Dessa forma, a recomendação para o armazenamento refrigerado do kiwi 'Hayward' e 'Bruno' é de um período máximo de três meses (MAZARO et al., 2000). Para prolongar ainda mais o período de armazenamento, tem sido utilizado a AC, que consiste na redução dos níveis de O_2 e no aumento dos níveis de CO_2 . Efeitos benéficos da AC no armazenamento de kiwi foram reportados por Mazaro et al. (2000), sendo que a condição de 2,0 kPa O_2 e 7,0 kPa CO_2 com absorção de etileno, apresentou maior manutenção da qualidade, permitindo o armazenamento por até oito meses. Também outros trabalhos comprovaram o efeito benéfico da utilização de AC com níveis baixos de O_2 , entre 1,0 e 2,0 kPa, e altos de CO_2 , entre 5,0 e 7,0 kPa, no armazenamento de kiwi (HARMAN; MCDONALD 1989; BRACKMANN et al.,

1995). Já Steffens et al. (2007) verificaram que condições de armazenamento com CO_2 acima de 8,0 kPa causam alta ocorrência de degenerescência da polpa em kiwi 'Bruno'. Outra desordem observada em AC, especialmente com altas concentrações de CO_2 é o amadurecimento desuniforme. Harman e McDonald (1989) observaram que no armazenamento com 10 e 14% de CO_2 , a columela dos frutos permanecia firme, enquanto o restante da polpa amolecia e amadurecia normalmente, sendo este distúrbio denominado de "hard core" pelos autores.

O controle do etileno nas câmaras de armazenamento pode ser feito pela absorção do gás ou aplicação de 1-MCP. A absorção do etileno da atmosfera das câmaras de armazenamento resulta em efeitos benéficos como menor perda de firmeza (MAZARO et al., 2000; VIEIRA et al., 2010). Já o 1-MCP se liga aos receptores do etileno nas membranas celulares, inibindo sua interação com o sítio de ação (SISLER; SEREK, 1997). Vieira et al. (2010) verificaram que o 1-MCP reduz a perda da firmeza da polpa e o desenvolvimento de pericarpo translúcido em kiwi 'Bruno' armazenado em AC com baixo etileno.

As condições de armazenamento e as respostas ao manejo do etileno variam para cada espécie e cultivar. Para a cultivar Elmwood produzida nas condições do sul do Brasil, as condições de armazenamento ainda não foram testadas. Por este motivo, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o efeito das condições de AC, da inibição da ação do etileno por meio da aplicação de 1-MCP e da absorção do etileno sobre a qualidade do kiwi 'Elmwood'.

MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos da cultivar Elmwood foram colhidos em um pomar comercial de Farroupilha, RS, e após o transporte até o local de armazenamento, os frutos foram selecionados eliminando aqueles com defeitos. Após foi realizado a homogeneização das unidades experimentais, que foram constituídas de 15 frutos. O experimento foi conduzido no

delineamento inteiramente casualizado em arranjo bifatorial com quatro repetições, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Os frutos apresentavam, no momento da colheita, firmeza de polpa de 48,4 N, sólidos solúveis (SS) de 10 °Brix e acidez titulável de 25,46 mEq 100mL⁻¹.

Os frutos foram armazenados no interior de minicâmaras experimentais com volume de 232 litros, que permaneceram em câmara frigorífica com temperatura de -0,5°C. As condições de armazenamento foram: [1] armazenamento refrigerado (AR), [2] atmosfera controlada (AC) nas condições de 1,5 kPa O₂ e 5,0 kPa CO₂ com absorção de etileno, [3] AC com 2,0 kPa O₂ e 5,0 kPa CO₂ com absorção de etileno [4] AC com 2,0 kPa O₂ e 5,0 kPa CO₂ e [5] AC com 2,0 kPa O₂ e 7,0 kPa CO₂ com absorção de etileno. Os frutos de todos os tratamentos foram armazenadas com e sem aplicação de 1,0 ppm de 1-MCP e utilizou-se o produto Smart Fresh® (0,14% ingrediente ativo), que é o produto registrado para utilização no Brasil. O produto foi solubilizado em água destilada em um recipiente hermeticamente fechado. Posteriormente a solução foi transferida para uma placa de petri no interior de uma minicâmara, que permaneceu fechada por 24 horas. Em seguida, o ar da minicâmara foi renovado pela circulação com ar externo e as amostras foram acondicionadas em diferentes minicâmaras de acordo com a concentração de AC estipulada. Para a absorção do etileno foram usados sachês contendo permanganato de potássio, da marca Always Fresh®, colocados no interior das minicâmaras na proporção de um sachê de 10 g para cada dois quilos de frutos. As concentrações de O₂ desejadas foram obtidas pela diluição com N₂ proveniente de um equipamento que utiliza o princípio Pressure Swing Adsorption (PSA), que comprime o ar atmosférico por uma coluna de carvão ativado, liberando N₂ com pureza de 99,6%. As concentrações de CO₂ foram obtidas pela injeção de CO₂ nas minicâmaras, proveniente de um cilindro de alta pressão. As concentrações dos gases foram monitoradas diariamente com auxílio de um analisador eletrônico de fluxo contínuo marca Agri-datalog

(Lana, BZ, Itália). O oxigênio consumido pela respiração dos frutos foi repostado por meio da injeção de ar atmosférico nas minicâmaras e o CO₂ em excesso foi absorvido por uma solução de hidróxido de sódio.

As análises de qualidade dos frutos foram realizadas após cinco meses de armazenamento a -0,5°C mais sete dias de exposição a 20°C para simular o período de comercialização. Foram realizadas análises de firmeza da polpa, firmeza da columela, acidez titulável total e sólidos solúveis totais. A firmeza de polpa e de columela foi determinada com auxílio de um penetrômetro manual, modelo FT 327 (Effegi System, Milão, Itália) com ponteira de 7,9 mm de diâmetro, sendo que a firmeza de polpa foi determinada na porção equatorial dos frutos, enquanto que, para a firmeza de columela foi realizado um corte transversal no fruto, com a determinação realizada na porção mediana, sendo expresso em Newton (N). Também foram apresentados os dados da relação entre a firmeza de columela e a firmeza de polpa. Dessa forma, quanto maior o valor dessa relação, tanto mais firme é a columela comparada à polpa do fruto. Os sólidos solúveis foram determinados com auxílio de um refratômetro manual com correção da temperatura para 20°C e expressos em °Brix. A acidez titulável foi determinada por meio da titulação, com NaOH 0,1 N, de uma solução de 10 mL de suco dos frutos diluídos em 100 mL de água deionizada, até pH 8,1 e expressa em mEq 100mL⁻¹.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A condição de 2,0 kPa O₂ e 5,0 kPa CO₂ com absorção de etileno destacou-se por manter maior a firmeza de polpa tanto para aqueles com ou sem a aplicação de 1-MCP, sendo que nesta última situação não houve diferença significativa da condição de AC com 2,0 kPa O₂ e 7,0 kPa CO₂ (Tabela 1). Brackmann et al. (1995) também verificaram que a condição de AC com 2,0 kPa O₂ e 5,0 kPa CO₂ proporcionou menor perda de firmeza da polpa de kiwi 'Hayward' armazenados por 106 dias. Os frutos em AR apresentaram a menor firmeza da polpa dentre

todos os tratamentos, e a aplicação de 1-MCP não se mostrou eficiente em manter a firmeza de polpa nesta condição de armazenamento. Este fato deve-se, provavelmente, ao período muito extenso para o armazenamento refrigerado (cinco meses), em que os frutos já se encontravam em avançado estágio de amadurecimento. De acordo com Neves et al. (2003), um período seguro para o armazenamento de kiwi 'Bruno' é de 90 dias para aqueles que receberam aplicação de 1-MCP associado com atmosfera modificada, sendo que os frutos que receberam 1-MCP e permaneceram em AR apresentaram qualidade inferior após este período de armazenamento.

A firmeza de polpa pode ser considerada um bom critério para determinar o momento de interromper o armazenamento, sendo que para possuir uma boa qualidade de consumo, a firmeza de polpa deve ser de 0,5 a 1,5 kg/0,5 cm² (BARBONI et al., 2010). Isso significa que para a determinação da firmeza de polpa com uma ponteira de 7,9 mm, que é a recomendada para análise do kiwi, estes valores devem variar de 4,9 a 14,7 N, o que não ocorreu no armazenamento refrigerado, tampouco na condição de 2,0 kPa O₂ e 5,0 kPa CO₂ sem aplicação de 1-MCP e sem absorção de etileno.

A aplicação de 1-MCP manteve a maior firmeza de polpa em todas as condições de AC, quando comparados com aqueles sem a aplicação do produto (Tabela 1). Blum e Ayub (2009) também observaram que o 1-MCP retardou a perda de firmeza de polpa em kiwi 'Monty' armazenado em temperatura ambiente, bem como Vieira et al. (2010) verificaram aumento na conservação da firmeza de polpa em kiwi 'Bruno' com a aplicação deste composto, tanto no armazenamento refrigerado como em AC. Por outro lado, nos frutos que não receberam 1-MCP, foi possível constatar o efeito benéfico da absorção de etileno (AC com 2,0 + 5,0), uma vez que a absorção de etileno manteve a firmeza de polpa acima do limite mínimo (4,9 N), enquanto que para esta mesma condição de AC e sem absorção de etileno a perda da firmeza de polpa foi bem maior.

Na avaliação da firmeza da columela, foi

possível verificar que a utilização do 1-MCP manteve a columela mais firme em todas as condições de AC (Tabela 1). No entanto, para melhor avaliar a magnitude desta diferença e a sua influência na qualidade dos frutos, foi realizado o cálculo da relação firmeza de columela/firmeza de polpa. Neste caso verificou-se novamente que em todas as condições de AC a aplicação de 1-MCP proporcionou maiores valores para esta relação, indicando que o amolecimento da columela não ocorreu na mesma intensidade que o amolecimento da polpa, causando um amadurecimento desuniforme. O maior valor observado foi de 7,07 na condição de AC com 1,5 kPa O₂ e 5,0 kPa CO₂, significando que a firmeza da columela teve um valor sete vezes maior do que a firmeza de polpa desses frutos. Essa alta relação é uma característica não desejável para o kiwi (HARMAN e McDONALD, 1989). No entanto, estes autores constataram que este distúrbio foi causado pelo alto CO₂, o que não foi observado no presente trabalho.

Para os frutos que não foram tratados com 1-MCP é possível observar que aqueles armazenados com absorção de etileno apresentaram menor relação firmeza de columela/firmeza de polpa (para a mesma condição de AC, ou seja, 2,0 kPa O₂ e 5,0 kPa CO₂). Este fato se deve à maior firmeza de polpa dos frutos que estiveram submetidos a baixos níveis de etileno, acarretando nesta menor relação da firmeza de columela/firmeza de polpa. Esta é uma condição desejável indicando que ocorreu um amadurecimento uniforme do fruto.

Os frutos armazenados na condição de 2,0 kPa O₂ e 5,0 kPa CO₂ com absorção de etileno e aplicação de 1-MCP apresentaram maior acidez titulável (Tabela 2). Houve um efeito do controle do etileno sobre a manutenção da acidez dos frutos, uma vez que, além de se observar maior acidez nos frutos com absorção do etileno, os frutos tratados com 1-MCP também apresentaram, na maioria dos casos, maior acidez. Estes resultados estão de acordo com Neves et al. (2003), que constataram maiores teores de acidez em kiwi 'Bruno' tratados com 1-MCP. O controle do etileno durante o armazenamento reduz o metabolismo dos frutos

Tabela 1 - Firmeza da polpa, da columela e a relação entre a firmeza da columela e firmeza de polpa (F. Col./F. pol.) em kiwi 'Elmwood' após cinco meses de armazenamento refrigerado ou atmosfera controlada com ou sem manejo de etileno, mais sete dias de exposição a 20°C.

Tratamentos		Firmeza da polpa (N)		Firmeza da columela (N)		F. Col./F. pol.	
O ₂ + CO ₂ (kPa)	Absorção de etileno	1-MCP		1-MCP		1-MCP	
		Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com
Colheita		48,4					
AR**	Não	1,3 Ad*	1,8 Ac	4,9 Ab	6,9 Ae	3,7 Ab	3,9 Ac
1,5 + 5,0	Sim	4,5 Bb	6,6 Ab	13,9 Ba	46,7 Aa	3,1 Bbc	7,1 Aa
2,0 + 5,0	Sim	5,6 Ba	8,2 Aa	14,5 Ba	28,7 Ad	2,5 Bc	3,5 Ac
2,0 + 5,0	Não	2,8 Bc	6,3 Ab	13,9 Ba	38,7 Ab	4,9 Ba	6,1 Aab
2,0 + 7,0	Sim	5,0 Bab	6,2 Ab	16,9 Ba	33,8 Ac	3,4 Bb	5,5 Ab
CV (%)		9,16		8,57		5,13	

*Médias seguidas de mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). **AR: armazenamento refrigerado (20,9 kPa O₂ + 0,03kPa CO₂).

Tabela 2 - Acidez titulável e sólidos solúveis (SS) em kiwi 'Elmwood' após cinco meses de armazenamento refrigerado ou em atmosfera controlada com ou sem manejo de etileno mais sete dias de exposição a 20°C.

Tratamentos		Acidez titulável (mEq 100 mL ⁻¹)		SS (°Brix)		Média
O ₂ + CO ₂ (kPa)	Absorção de etileno	1-MCP		1-MCP		
		Sem	Com	Sem	Com	
AR**	Não	7,6 B d*	13,2 A b	13,6	13,7	13,7 d
1,5 + 5,0	Sim	13,0 B b	13,7 A b	15,3	15,0	15,2 a
2,0 + 5,0	Sim	12,6 B b	14,9 A a	14,3	14,2	14,2 c
2,0 + 5,0	Não	10,7 B c	13,3 A b	14,7	14,8	14,8 b
2,0 + 7,0	Sim	14,2 A a	12,9 B b	14,5	14,3	14,4 bc
Média		-	-	14,5 A	14,4 A	
CV (%)		3,82		1,88		

*Médias não seguidas de mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). **AR: armazenamento refrigerado (20,9 kPa O₂ + 0,03kPa CO₂).

e, conseqüentemente, diminui o consumo de ácidos orgânicos pela respiração. De acordo com Chiaramonti e Barboni (2010), a concentração de etileno aumenta durante o armazenamento de kiwi em baixa temperatura, afetando os parâmetros físico-químicos dos frutos e, portanto, o tempo de armazenamento.

Durante o período de armazenamento ocorreu um acréscimo nos teores de SS em todos os tratamentos. Chiaramonti e Barboni (2010) também observaram um aumento no teor de SS em kiwi 'Hayward' de 6,0 para 15,1 °Brix após 29 semanas de armazenamento. Os frutos armazenados em AC com 1,5 kPa O₂ e 5,0 kPa CO₂ e absorção de etileno apresentaram maiores níveis de SS (Tabela 2). Já os frutos em armazenamento refrigerado apresentaram menores níveis de SS entre todos os tratamentos, indicando que o período de cinco meses é muito longo para o armazenamento refrigerado. Segundo Mazaro et al. (2000), em AR o metabolismo dos frutos é maior que em AC, sugerindo que os frutos em AR consomem maiores quantidades de açúcares na respiração. Não houve diferença entre frutos tratados e não tratados com 1-MCP para este parâmetro, concordando com Neves et al. (2003), que também não verificaram diferença no teor de SS em kiwi 'Bruno' tratados ou não com 1-MCP aos 90 dias de armazenamento refrigerado.

CONCLUSÕES

A aplicação de 1-MCP mantém mais elevada a firmeza de polpa e acidez em kiwi 'Elmwood' armazenado em AC, no entanto, causa amadurecimento desuniforme do fruto, pela maior queda da firmeza da polpa comparada à da columela.

As três condições de AC testadas no presente trabalho apresentam um efeito semelhante na conservação do kiwi 'Elmwood', sendo de fundamental importância a absorção do etileno nas câmaras de armazenamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBONI, T. et al. Effect of cold storage and ozone treatment on physicochemical parameters, soluble sugar and organic acids in *Actinidia deliciosa*. **Food Chemistry**, London, v.121, p.946-951, 2010.
- BLUM, J.; AYUB, R.A. Controle do amadurecimento do kiwi cv. Monty com 1-metilciclopropeno. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v.31, p.39-43, 2009.
- BRACKMANN, A. et al. Armazenamento refrigerado de kiwi em atmosfera normal e controlada. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.1, p.107-111, 1995.
- CHAVES, A.L.S. et al. Caracterização de ER49, um fator de alongação da síntese de proteínas do tipo Ts, expresso durante a maturação do fruto de tomate. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campos dos Goytacazes, v.14, p.21-30, 2002.
- CHIARAMONTI, N.; BARBONI, T. Relationship between the physicochemical parameters and the ethylene emission during cold storage of kiwifruits. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v.45, p.1513-1516, 2010.
- HARMAN, J.E.; MCDONALD, B. Controlled atmosphere storage of kiwifruit. Effect on fruit quality and composition. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.37, p.303-315, 1989.
- LELIEVRE, J.M. et al. Ethylene and fruit ripening. **Physiologia Plantarum**, Lund, v.101, p.727-739, 1997.
- MAZARO, S.M. et al. Qualidade de kiwi armazenado em duas temperaturas sob atmosfera controlada e com eliminação de etileno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, p.947-952, 2000.
- NEVES, L.C. et al. Atmosfera modificada e 1-metilciclopropeno na conservação pós-colheita de kiwis 'Bruno'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, p.390-393, 2003.
- SALTVEIT, M.E. Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.15, p.279-292, 1999.
- SISLER, E.C. et al. Comparison of

cyclopropene, 1-methylcyclopropene and 3,3-dimethylcyclopropene as ethylene antagonists in plants. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v.18, p.169-174, 1996.

SISLER, E.C.; SEREK, M. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: recent developments. **Physiologia Plantarum**, Lund, v.100, p.577-582, 1997.

STEFFENS, C.A. et al. Degenerescência da polpa e respiração de quivi cv. “Bruno” em função das condições de armazenamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, p.1621-1626, 2007.

VIEIRA, M.J. et al. Preservação da qualidade pós-colheita de kiwi ‘Bruno’ pelo controle do etileno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.32, p.397-406, 2010.