

## ÓXIDO NÍTRICO E 1-METILCICLOPROPENO NA CONSERVAÇÃO DE MAÇÃS ‘GALAXY’ EM ATMOSFERA CONTROLADA: INTERAÇÕES COM O ESTÁDIO DE MATURAÇÃO

Ana Júlia Bisato Wickert, Juliana Amaral Vignali Alves, Cristiano André Steffens.

### INTRODUÇÃO

A atmosfera controlada (AC) é a principal tecnologia utilizada para o armazenamento de maçãs. Entretanto, o armazenamento por longos períodos pode acarretar substanciais perdas de maçãs ‘Galaxy’, decorrentes da incidência de podridões e polpa farinácea, especialmente em frutos colhidos em maturação mais avançada. Para prolongar a conservação e minimizar essas perdas são aplicadas tecnologias complementares à AC, como o 1-metilciclopropeno (1-MCP). Contudo, a eficácia do 1-MCP varia conforme alguns fatores, como o ponto de maturação, cultivar e momento da aplicação, e há relatos de que seu uso pode intensificar distúrbios fisiológicos e favorecer podridões pós-colheita (MDITSHWA *et al.*, 2018). O óxido nítrico (NO) é uma molécula gasosa que tem se destacado como alternativa promissora para o tratamento pós-colheita. Sua atuação se dá pela inibição da atividade de algumas enzimas da rota de biossíntese de etileno, além de fortalecer o metabolismo antioxidante celular (BUET *et al.*, 2021; PALMA *et al.*, 2019; GHORBANI *et al.*, 2018; MANJUNATHA *et al.*, 2012). Assim, aplicações sequenciais de NO em AC podem representar uma alternativa ou complemento ao uso do 1-MCP.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de NO e do 1-MCP sobre a manutenção da qualidade de maçãs ‘Galaxy’, colhidas em dois estádios de maturação, e armazenadas em AC.

### DESENVOLVIMENTO

As maçãs ‘Galaxy’ foram colhidas em um pomar comercial localizado no município de Vacaria, RS. Após a colheita, os frutos foram transportados ao laboratório, onde foram classificados, homogeneizados e separados em dois grupos, considerando a cor de fundo: M1, menos amarelada, e M2, mais amarelada. Frutos de M1 e M2 apresentavam, respectivamente, firmeza de polpa de 79,4 e 66,3 N, acidez titulável (AT) de 0,37% e 0,36% de ácido málico e sólidos solúveis (SS) de 12,8 e 13,3 °Brix. Em seguida, as unidades experimentais, contendo 25 frutos cada, foram alocadas em microcâmaras experimentais de AC sob condições de 1,3 kPa de O<sub>2</sub> + 2,0 kPa de CO<sub>2</sub>, 1,5 ± 0,2°C e umidade relativa de 94±3%, por 7 meses. O experimento consistiu na combinação dos dois estádios de maturação com três tratamentos pós-colheita: controle, 1-MCP (1,0 µL L<sup>-1</sup>) e NO (2,0 µL L<sup>-1</sup>). A aplicação do 1-MCP foi realizada utilizando o produto SmartFresh (0,14% de 1-MCP), 24 horas antes da instalação da atmosfera controlada. O NO foi aplicado a cada 30 dias, a partir do estabelecimento da atmosfera de armazenagem. O gás NO, a partir de um cilindro de mistura padrão 1000 µL L<sup>-1</sup> NO + N<sub>2</sub> de equilíbrio, foi injetado na microcâmara, com auxílio de uma seringa, até a obtenção da concentração desejada.

Após o armazenamento, os frutos foram expostos a condições ambiente por 7 dias e avaliados quanto à taxa respiratória e produção de etileno, cor de fundo da epiderme e

incidência de podridões. Ao final do período de prateleira foram realizadas avaliações de firmeza de polpa, polpa farinácea, AT, SS, concentração de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) e atividade das enzimas peroxidase (POD) e superóxido dismutase (SOD). O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições e unidade experimental composta por 30 frutos. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste LSD ( $p < 0,05$ ). Os dados expressos em porcentagem foram previamente transformados em  $\text{arcse}n\sqrt{((x+0,1)/100)}$ .

## RESULTADOS

Em M1, não houve diferença significativa entre os tratamentos para taxa de produção de etileno. Já em M2, o tratamento controle apresentou maiores valores do que os demais tratamentos, com expressivo incremento na produção de etileno a partir de 3 dias em condições ambiente. Os tratamentos 1-MCP e NO mantiveram os menores valores de produção de etileno durante todo o período de comercialização simulada. A taxa respiratória apenas diferiu entre os tratamentos pós-colheita no 5º dia em condições ambiente, sendo menor no tratamento 1-MCP. A cor de fundo dos frutos, AT e SS não apresentaram efeito do 1-MCP e do NO, independente do estádio de maturação. A aplicação de 1-MCP manteve maior firmeza de polpa do que os demais tratamentos, em M2, mas sem efeito em M1. Em relação à polpa farinácea, tanto o 1-MCP quanto o NO reduziram a incidência em M1, enquanto em M2 o 1-MCP foi mais efetivo, com o NO apresentando resultados intermediários. O NO reduziu a incidência de podridões, em ambos os estádios de maturação, enquanto que o 1-MCP apresentou resultado positivo apenas em M2, não diferindo do NO. A atividade da SOD, em frutos de M1, foi mais elevada em frutos com aplicação de NO, sem diferir do tratamento com 1-MCP, enquanto que em M2 não houve diferença entre tratamentos. A atividade da POD foi menor nos frutos com aplicação de NO, seguido pelos frutos tratados com 1-MCP, independente do estádio de maturação. Em frutos colhidos em M1, o conteúdo de  $H_2O_2$  foi mais elevado com 1-MCP, sem diferença em relação ao NO, enquanto que em M2 não houve diferenças entre os tratamentos. Os tratamentos com NO e 1-MCP demonstram que, além da regulação do etileno, a resistência fisiológica do fruto passa pela capacidade de ajustar as defesas antioxidantes. O NO, em especial, é eficiente em acionar tais defesas e reduzir podridões, enquanto o 1-MCP se destaca na proteção contra polpa farinácea, especialmente em frutos mais maduros.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tanto o NO ( $2 \mu\text{L L}^{-1}$ ), aplicado a cada 30 dias, quanto o 1-MCP ( $1 \mu\text{L L}^{-1}$ ), aplicado no início da armazenagem, promovem melhor manutenção da qualidade de maçãs ‘Galaxy’ armazenadas em AC. O NO pode ser uma alternativa para a conservação de maçãs ‘Galaxy’ em AC, por reduzir podridões e polpa farinácea.

**Palavras-chave:** *Malus domestica Borkh.*; etileno; firmeza da polpa; taxa respiratória; estresse oxidativo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUET, A.; STEELHEART, C.; PERINI, M. A.; GALATRO, A.; SIMONTACCHI, M.; GROZEFF, G. E. G. **Nitric oxide as a key gasotransmitter in fruit postharvest: an overview.** Journal of Plant Growth Regulation, v. 40, n. 6, p. 2286-2302, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00344-021-10428-w>
- GHORBANI, B.; PAKKISH, Z.; KHEZRI, M. **Nitric oxide increases antioxidant enzyme activity and reduces chilling injury in orange fruit during storage.** New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, v. 46, n. 2, p. 101-116, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01140671.2017.1345764>
- MANJUNATHA, G; GUPTA, K. J.; LOKESH, V.; AJ MUR, L.; NEELWARNE, B.. **Nitric oxide counters ethylene effects on ripening fruits.** Plant signaling & behavior, v. 7, n. 4, p. 476-483, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.4161/psb.19523>
- MDITSHWA, Asanda; FAWOLE, Olaniyi Amos; OPARA, Umezuruike Linus. **Recent developments on dynamic controlled atmosphere storage of apples—A review.** Food packaging and shelf life, v. 16, p. 59-68, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.01.011>
- PALMA, J. M.; FRESCHI, L.; RODRIGUES-RUIZ, M.; GORDO, S. G.; CORPAS, F. **Nitric oxide in the physiology and quality of fleshy fruits.** Journal of Experimental Botany, v. 70, n. 17, p. 4405-4417, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jxb/erz350>

---

## DADOS CADASTRAIS

---

**BOLSISTA:** Ana Júlia Bisato Wickert

**MODALIDADE DE BOLSA:** PIBIC- CNPq

**VIGÊNCIA:** 09/2024 a 08/2025 – Total: 12 meses

**ORIENTADOR(A):** Cristiano André Steffens

**CENTRO DE ENSINO:** CAV

**DEPARTAMENTO:** Agronomia

**ÁREAS DE CONHECIMENTO:** Ciências Agrárias

**TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA:** Óxido nítrico no armazenamento de maçãs ‘Gala’ em atmosfera controlada e atmosfera controlada dinâmica.

**Nº PROTOCOLO DO PROJETO DE PESQUISA:** NPP3825-2021.