

## Relação entre teores minerais e ocorrência de dano por CO<sub>2</sub> em maçãs 'Fuji'

Argenta, L.C<sup>1</sup>., Vieira, M.J<sup>2</sup>., Hahn, L<sup>1</sup>.

<sup>1,2</sup>Engenheiro Agrônomo DSc,

<sup>1</sup>Pesquisador, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, argenta@epagri.sc.gov.br; leandrohahn@epagri.sc.gov.br

<sup>2</sup>Fischer S/A Agroindústria, Rodovia SC 355, Km 24, Fraiburgo, SC 89.580-000, mjvieira@fischerfrutas.com

### Resumo

Baixas concentrações de CO<sub>2</sub> na atmosfera de armazenagem são igualmente aplicadas para maçãs 'Fuji' de todos os pomares embora exista grande variabilidade entre eles quanto a susceptibilidade dos frutos ao dano por CO<sub>2</sub>. A separação de lotes de maçãs 'Fuji' quanto a susceptibilidade ao dano por CO<sub>2</sub> poderiam reduzir custos de armazenagem. Esse estudo foi conduzido para analisar a relação entre teores minerais na polpa e a incidência de dano por CO<sub>2</sub> em maçãs 'Fuji' de diferentes pomares. Maçãs 'Fuji' de 47 pomares comerciais com concentrações de nitrogênio (N) na polpa entre 232 a 485 mg kg<sup>-1</sup>, teores de cálcio (Ca) entre 31 a 59 mg kg<sup>-1</sup> e a relação N/Ca entre 4.8 a 13 foram selecionados para esse estudo. As maçãs foram colhidas no período de colheita comercial. Uma amostra de 100 maçãs por pomar foi armazenada em atmosfera controlada com 1% de O<sub>2</sub> e 2% de CO<sub>2</sub> para induzir dano por CO<sub>2</sub>. As maçãs foram analisadas quanto a firmeza da polpa e incidência de distúrbios após sete meses de armazenagem. Embora as correlações entre os teores de N ou Ca e a incidência ou severidade de dano por CO<sub>2</sub> tenham sido muito baixas, elas foram estatisticamente significativas. A incidência de dano por CO<sub>2</sub> se correlacionou mais com a relação N/Ca do que com os teores de N ou Ca. Não houve correlação significativa entre teores minerais e incidência de podridões e escurecimento difuso na polpa de maçãs 'Fuji' durante a armazenagem.

**Palavras chave:** *Malus domestica*, distúrbios fisiológicos, podridões, nitrogênio

### Relationship between mineral content and occurrence of CO<sub>2</sub> injury in 'Fuji' apples

#### Abstract

Low concentrations of CO<sub>2</sub> in the storage atmosphere of 'Fuji' apples are equally applied to all orchards, although there is significant variability among them regarding the susceptibility of the fruits to CO<sub>2</sub> injury. The segregation of 'Fuji' apples from different orchards by the susceptibility to CO<sub>2</sub> injury could reduce storage costs. This study was conducted to analyze the relationship between mineral content in the fruit and the incidence of CO<sub>2</sub> injury in 'Fuji' apples from different orchards. 'Fuji' apples from 47 commercial orchards with nitrogen (N) concentrations in between 232 to 485 mg kg<sup>-1</sup>, calcium (Ca) contents between 31 to 59 mg kg<sup>-1</sup>, and the N/Ca ratio between 4.8 to 13 were selected for this study. Apples were harvested during the commercial harvest period. A sample of 100 apples per orchard was stored in a controlled atmosphere with 1% O<sub>2</sub> and 2% CO<sub>2</sub> to induce CO<sub>2</sub> injury. Apples were assessed for flesh firmness and incidence and severity of disorders after seven months of storage. Although the correlations between N or Ca contents and the incidence or severity of CO<sub>2</sub> injury were very low, they were statistically significant. The correlation between CO<sub>2</sub> injury and N/Ca was greater than between CO<sub>2</sub> injury and N or Ca contents. There was no significant correlation between mineral contents and the incidence of fungal rot and diffuse browning in 'Fuji' apples during storage

**Key Words:** *Malus domestica*, physiological disorders, rots, nitrogen

## **Introdução**

Maçã ‘Fuji’ é susceptível ao dano por CO<sub>2</sub> caracterizado por manchas marrom-escuro na polpa (ARGENTA et al., 1994). Por isso, a concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera de armazenagem de ‘Fuji’ deve ser mantida abaixo de 0,5% e o estabelecimento de atmosfera controlada (AC) com baixo oxigênio deve ser retardado por uma a quatro semanas depois do resfriamento (ARGENTA et al., 2000). Maçãs ‘Fuji’ colhidas em estádios mais avançados de maturação e mais afetadas por pingo de mel são mais susceptíveis ao dano por CO<sub>2</sub> (ARGENTA et al., 2002) e por isso, se recomenda maior tempo de retardamento da AC quando as maçãs são colhidas tardiamente para minimizar a incidência desse distúrbio.

A incidência de dano por CO<sub>2</sub> em maçãs é maior em regiões de maior altitude e em anos mais frios e varia entre pomares (ELGAR et al., 1999; LAU, 1998). Efeitos de pomares sobre a susceptibilidade de maçã a diferentes distúrbios fisiológicos pode estar relacionado em parte a variações nos teores minerais na polpa (WATKINS e MATTHEIS, 2019). O papel dos teores minerais na polpa de maçãs ‘Fuji’ sobre a susceptibilidade a dano por CO<sub>2</sub> não tem sido bem definido. Incidência de dano por CO<sub>2</sub> em maçãs ‘Fuji’ pode aumentar em resposta a fertilização excessiva de potássio, dependendo do ano, mas, não é consistentemente afetada por doses de nitrogênio (ARGENTA et al., 2013).

Maçãs liberam CO<sub>2</sub> na atmosfera de armazenagem como produto da respiração. A remoção do excesso de CO<sub>2</sub> da atmosfera de armazenagem por equipamentos que circulam a atmosfera de armazenagem em colunas de carvão ativado e ou pela adição de cal no interior da câmara é dispendioso. Por isso, a identificação de lotes de maçãs (pomares) com maior ou menor tolerância ao dano por CO<sub>2</sub> permitiria usara diferentes níveis de concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera de armazenagem e redução dos custos de remoção do CO<sub>2</sub> da atmosfera.

Esse estudo foi conduzido para analisar a relação entre teores minerais na polpa e incidência de dano por CO<sub>2</sub>, escurecimento difuso e podridões em maçãs ‘Fuji’ de diferentes pomares.

## **Material e Métodos**

Maçãs cv. Fuji foram amostradas em 500 pomares comerciais (30 maçãs por pomar) de diferentes regiões de Santa Catarina 15 dias antes do ponto de colheita comercial, em 2003. As concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio foram determinadas nos frutos dessas amostras um dia após a colheita conforme descrito previamente (ARGENTA et al., 2013). A partir dessas análises selecionou-se 47 pomares com concentrações crescentes de nitrogênio. No período de colheita comercial (16 e 28 de abril) colheu-se 120 maçãs de cada pomar selecionado. Uma subamostra de 20 maçãs foi analisada um dia após a colheita quanto a maturação e teores minerais da polpa e uma subamostra de 100 maçãs foi resfriada em 24 h após a colheita, submetidas a 1,5 % de O<sub>2</sub> e 2% de CO<sub>2</sub> em três dias após a colheita e mantida nessas concentrações (AC, atmosfera controlada) por sete meses. A alta concentração de CO<sub>2</sub> foi usada para induzir dano por CO<sub>2</sub>. A incidência e severidade de dano por CO<sub>2</sub>, escurecimento difuso da polpa (senescência) e a firmeza da polpa foram determinadas após a armazenagem mais um sete de maturação a 23 °C conforme descrito em (ARGENTA et al., 2020).

Os dados foram submetidos ANOVA e as relações entre teores minerais e a incidência de distúrbios fisiológicos e podridões foram determinadas pelo teste de correlação de *Pearson* e a significância das correlações pelo teste F.

## **Resultados e Discussão**

Na colheita, as maçãs apresentaram firmeza da polpa média de  $17,1 \pm 2$  lb e índice de amido médio de  $6,1 \pm 1,9$  (escala 1-9). Os teores de nitrogênio (N) na polpa dos frutos dos 47 pomares avaliados variaram de 232 a 485 mg kg<sup>-1</sup> enquanto os teores de cálcio (Ca) variaram de 31 a 59 e a relação N/Ca variou de 4.8 a 13 (Figura 1).

A incidência de frutos com dano por CO<sub>2</sub> variou de 0% a 18%, foi maior ou igual a 2% em aproximadamente 54% dos pomares e maior ou igual a 4% em 36% dos pomares (Figura 2).

Embora as correlações entre os teores de N ou Ca e a incidência ou severidade de dano por CO<sub>2</sub> tenham sido muito baixas, elas foram estatisticamente significativas (Tabela 1). Os dados mostram que a incidência de dano por CO<sub>2</sub> se correlacionou mais com a relação N/Ca do que com os teores de N ou Ca. Apesar da baixa correlação entre dano por CO<sub>2</sub> e relação N/Ca considerando a análise de todos os pomares (Tabela 1) essa correlação aparentemente pode ser maior se considerar apenas pomares com incidência de dano por CO<sub>2</sub> maior ou igual a 5% e relação N/Ca maior que sete (Figura 2, símbolos verdes). A incidência de dano por CO<sub>2</sub> não se correlacionou significativamente com os teores de potássio, fósforo ou magnésio (dados não apresentados).

Não houve correlação significativa entre teores de minerais e a incidência ou severidade de podridões e escurecimento difuso na polpa (Tabela 2) nem entre teores de minerais e taxa de perda de firmeza da polpa durante a armazenagem (dados não apresentados).

Maçãs podem desenvolver vários distúrbios fisiológicos em resposta a estresses por excesso de CO<sub>2</sub>, por deficiência de O<sub>2</sub>, baixa temperatura e por deficiência ou excesso de umidade na atmosfera de armazenagem. Fatores pré-colheita (“fatores de pomar”) incluído a deficiência e ou excesso de minerais podem aumentar ou diminuir os riscos de desenvolvimento desses distúrbios e podridões (FALLAHI et al., 1997). A baixa correlação entre teores minerais e a incidência de dano por CO<sub>2</sub> observada no presente estudo indica que outros fatores pré-colheita tais como maturação dos frutos na colheita, idade do pomar, carga de frutos por planta, microclima e a interação entre esses fatores podem preponderar para a variabilidade entre pomares quanto a incidência desse distúrbio. No caso de podridões, a preponderância de outros fatores pré-colheita tais como carga de inóculo, alterações anatômicas na epiderme, etc. ficaram evidentes.

## Conclusões

Houve correlação significativa embora baixa entre incidência e severidade de dano por CO<sub>2</sub> nas e a teores minerais na polpa de maçãs e ‘Fuji’.

Não houve correlação significativa entre teores minerais e incidência ou severidade de podridões e escurecimento difuso na polpa de maçãs ‘Fuji’ durante a armazenagem.

## Agradecimentos

À Associação Brasileira de Produtores de Maçãs pelo apoio financeiro.

## Referências bibliográficas

- ARGENTA, L. C.; BRAKMANN, A.; MONDARDO, M. Qualidade pós-colheita de maçãs armazenadas sob diferentes temperaturas e concentrações de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 6, n. 2, p. 121-126. 1994.
- ARGENTA, L. C.; DO AMARANTE, C. V. T.; BETINELLI, K. S.; BRANCHER, T. L.; NESI, C. N.; VIEIRA, M. J. Comparison of fruit attributes of ‘Fuji’ apple strains at harvest and after storage. **Scientia Horticulturae**, v. 272, 2020.

ARGENTA, L.; FAN, X.; MATTHEIS, J. Delaying establishment of controlled atmosphere or CO<sub>2</sub> exposure reduces 'Fuji' apple CO<sub>2</sub> injury without excessive fruit quality loss. **Postharvest Biology and Technology**, v. 20, n. 3, p. 221-229, 2000.

ARGENTA, L. C.; FAN, X.; MATTHEIS, J. P. Responses of 'Fuji' apples to short and long duration exposure to elevated CO<sub>2</sub> concentration. **Postharvest Biology and Technology**, v. 24, n. 1, p. 13-24, 2002.

ARGENTA, L. C.; SOUZA, F. D.; NAVA, G.; AMARANTE, C. V. T.; ERNANI, P. R. Occurrence of postharvest physiological disorders in 'fuji' apples in response to orchard fertilization with nitrogen and potassium. **Acta Horticulturae**, v. 1012, p. 1141-1148, 2013.

ELGAR, H. J.; LALLU, N.; WATKINS, C. B. Harvest Date and Crop Load Effects on a Carbon Dioxide-related Storage Injury of 'Braeburn' Apple. **HortScience**, v. 34, n. 2, p. 305-309, 1999.

FALLAHI, E.; CONWAY, W. S.; HICKEY, K. D.; SAMS, C. E. The role of calcium and nitrogen in postharvest quality and disease resistance of apples. **HortScience**, v. 32, n. 5, p. 831-835, 1997.

LAU, O. L. Effect of growing season, harvest maturity, waxing, low O<sub>2</sub> and elevated CO<sub>2</sub> on flesh browning disorders in 'Braeburn' apples. **Postharvest Biology and Technology**, v. 14, p. 131-141, 1998.

WATKINS, C. B.; MATTHEIS, J. P. Apple. *In*: DE FREITAS, S. T. AND PAREEK, S. (Ed.). **Postharvest physiological disorders in fruits and vegetables**. Boca Raton, FL CRC Press Taylor & Francis Group., 2019. cap. 8, p. 165-206.

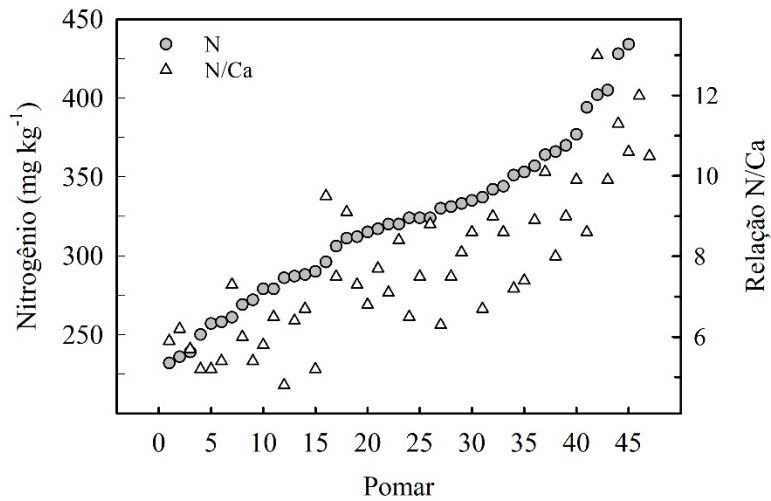


Figura 1. Teores de nitrogênio e relação Nitrogênio/Cálcio (N/Ca) na polpa de maçãs cv. Fuji de 47 pomares. As análises foram feitas um dia após a colheita numa amostra de 20 frutos por pomar.

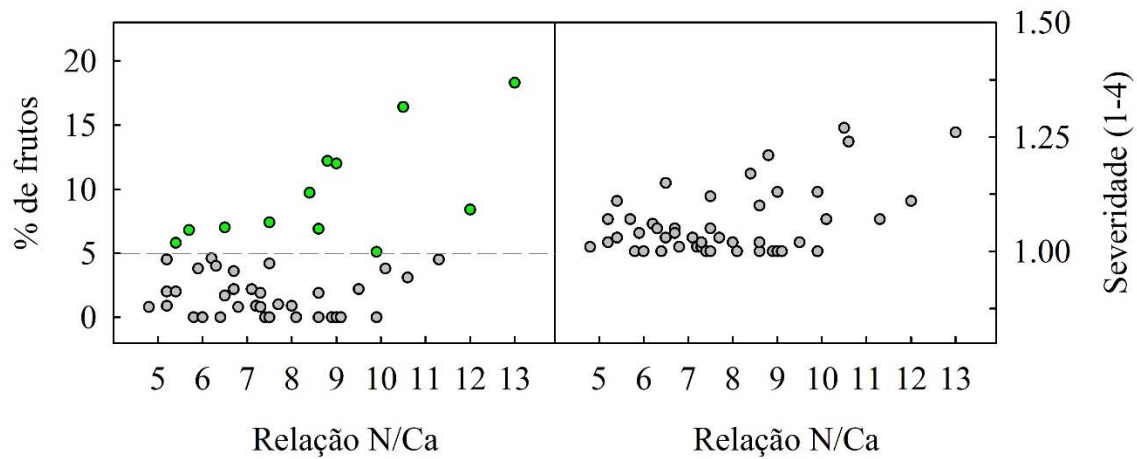


Figura 2. Incidência de frutos (%) e severidade de dano por  $\text{CO}_2$  (escala 1 a 4) e em função da relação Nitrogênio/Cálcio (N/Ca) na polpa de maçãs cv. Fuji de 47 pomares. A análise do distúrbio fisiológico foi realizada após sete meses de armazenagem sob AC (1.5 %  $\text{O}_2$  + 2%  $\text{CO}_2$ ) mais 7 dias a 23°C em amostra de 100 frutos por pomar.

Tabela 1. Coeficiente de correlação de *Pearson* entre os teores de nitrogênio (N), cálcio (Ca) ou relação N/Ca e a incidência ou severidade de distúrbios fisiológicos dano por CO<sub>2</sub> e escurecimento difuso em maçãs cv. Fuji de 47 pomares. Teores minerais analisados um dia após a colheita e distúrbios fisiológicos analisados após sete meses de armazenagem em AC (1.5 % O<sub>2</sub> + 2% CO<sub>2</sub>) mais sete dias a 23°C.

Teores Minerais (mg kg <sup>-1</sup> )	Dano CO <sub>2</sub>			Escurecimento difuso da polpa	
	Escurecimento da polpa		Número de Cavidades	% de frutos	Severidade
	% de frutos	Severidade			
N	0.36	0.45	0.22	0.31	0.30
p(F)	*	*	NS	*	*
Ca	-0.38	-0.38	-0.43	-0.12	-0.10
p(F)	***	**	**	ns	ns
N/Ca	0.53	0.59	0.47	0.29	0.27
p(F)	***	***	***	ns	ns

Correlação não significativa (ns) ou significativa: P < 0.001 (\*\*\*), P < 0.01 (\*\*), P < 0.05 (\*).

Tabela 2. Coeficiente de correlação de *Pearson* (p(f)) entre os teores de nitrogênio (N), cálcio (Ca) ou relação N/Ca e a incidência ou severidade de podridões em maçãs cv. Fuji de 47 pomares. Teores minerais analisados um dia após a colheita e podridões analisadas após sete meses de armazenagem em AC (1.5 % O<sub>2</sub> + 2% CO<sub>2</sub>) mais sete dias a 23°C.

Teores Minerais (mg kg <sup>-1</sup> )	Podridões			
	Podridão Carpelar		Podridão Externa	
	% de frutos	Severidade	% de frutos	Severidade
N	0.23	0.28	0.18	0.10
p(F)	ns	ns	ns	ns
Ca	0.05	0.03	-0.11	-0.03
p(F)	ns	ns	ns	ns
N/Ca	0.12	0.17	0.19	0.07
p(F)	ns	ns	ns	ns

Correlação não significativa (ns) ou significativa: P < 0.001 (\*\*\*), P < 0.01 (\*\*), P < 0.05 (\*).