

Resposta ao Etileno e Alterações Pós-colheita de Acerolas 'Flor Branca'

Response to Ethylene and Postharvest Changes of Acerolas 'Flor Branca'

Bruna Silva Ribeiro de Moraes¹; Joanaylla Gomes de Albuquerque²; Danielly Souza Silva³; Maria Aparecida Rodrigues Ferreir⁴; Sergio Tonetto de Freitas⁵

Abstract

The objective of this study was to evaluate physiological and physico-chemical changes in acerolas harvested at two maturity stages and treated with ethylene. 'Flor Branca' acerolas were harvested at maturity stages 1 = ($^{\circ}\text{h} > 100^{\circ}$ and density $> 1 \text{ g cm}^{-3}$) and 2 = ($^{\circ}\text{h} > 100^{\circ}$ and density $< 1 \text{ g cm}^{-3}$) and were treated with 0 or $1000 \mu\text{l L}^{-1}$ of ethylene. After ethylene treatment, fruits were stored at 12°C and 90-95% of relative humidity. According to the results, ethylene treatment had no effect on fruit respiration rate and ethylene production. The exogenous application of ethylene had no effect on fruit physico-chemical quality after harvest. Fruit harvested with density $< 1 \text{ g cm}^{-3}$ showed color change from green to red during storage, independent on ethylene treatment. The results indicate that physico-chemical changes in

¹Engenheira-agrônoma, M.Sc. em Produção Vegetal, Universidade Federal do Vale do São Francisco (Univasf), bolsista Facepe, Petrolina, PE.

²Mestranda em Produção Vegetal, Univasf, bolsista Facepe, Petrolina, PE..

³Bióloga, Universidade de Pernambuco (UPE), Petrolina, PE.

⁴Bióloga, UPE, Petrolina, PE.

⁵ Engenheiro-agrônomo, D.Sc. em Biologia de Plantas, pesquisador da Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

'Flor Branca' acerola are ethylene independent, suggesting a non-climacteric metabolism in this fruit species.

Palavras-chave: *Malpighia emarginata* D.C., taxa respiratória, densidade de frutos.

Keywords: *Malpighia emarginata* D.C., respiratory rate, fruit density.

Introdução

A aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.) é uma espécie tropical pertencente à família Malpighiaceae, cujos frutos possuem alto potencial nutracêutico associado aos elevados níveis de ácido ascórbico, carotenoides e vitaminas (MACIEL et al, 2009). Frutos podem ser classificados em relação à atividade respiratória como climatéricos – os que possuem rápido e acentuado aumento na atividade respiratória e produção de etileno, culminando com o amadurecimento – ou não climatéricos – os que apresentam atividade respiratória que, em geral, declina após a colheita (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Estudos indicam que a acerola apresenta padrão respiratório climatérico, com aumento da respiração à medida que os frutos mudam de coloração verde para amarelo-vermelho, e pico da taxa respiratória, à temperatura ambiente de 25 °C, cerca de 3 dias após a colheita (ALVES et al., 1995; CARRINGTON; KING, 2002).

O processo de amadurecimento dos frutos pode ser acelerado por meio da aplicação exógena de etileno. A utilização do hormônio etileno tem sido útil para distinguir frutos climatéricos e não climatéricos, definição do ponto de colheita, e técnicas de manipulação e armazenamento para prolongar a vida pós-colheita (ARCHBOLD; POMPER, 2003). A resposta dos frutos ao etileno exógeno depende da sensibilidade e da capacidade de produção autocatalítica deste hormônio nos tecidos, assim como da concentração, tempo de exposição e da temperatura de tratamento (SILVA et al., 2012).

Apesar de alguns estudos indicarem que acerola apresenta um comportamento climatérico, faltam informações mais detalhadas sobre a resposta fisiológica dos frutos ao etileno exógeno durante o amadurecimento.

O objetivo deste trabalho foi avaliar mudanças fisiológicas e físico-químicas em acerolas colhidas em dois estádios de maturação e tratadas com etileno exógeno.

Material e Métodos

Frutos de coloração verde de aceroleiras 'Flor Branca' foram colhidos ao final da fase de crescimento em pomar comercial em Petrolina, PE. No Laboratório de Fisiologia Pós-Colheita da Embrapa Semiárido, realizou-se a eliminação de frutos com danos mecânicos e incidência de doenças. Posteriormente, foi realizada a classificação dos frutos em dois estádios de maturação fisiológica, de acordo com a densidade: 1 = frutos com coloração verde ($^{\circ}\text{h} > 100^{\circ}$) e densidade $> 1 \text{ g cm}^{-3}$, e 2 = frutos com coloração verde ($^{\circ}\text{h} > 100^{\circ}$) e densidade $< 1 \text{ g cm}^{-3}$.

Os frutos foram imersos em água (densidade de 1 g cm^{-3}) e separados de acordo a densidade, considerando-se: densidade > 1 acerolas que emergiram, e densidade < 1 acerolas que submergiram. Então, os frutos foram lavados com água clorada contendo $600 \mu\text{l L}^{-1}$ de cloro ativo e secos a $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Os frutos dos dois estádios de maturação foram submetidos aos tratamentos com e sem etileno (99,98%) nas concentrações de $0 \mu\text{l L}^{-1}$ ou $1.000 \mu\text{l L}^{-1}$. A aplicação do etileno foi realizada em potes herméticos de 1 L por 24 horas a $12 \pm 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Após os tratamentos, os frutos foram armazenados a $12 \pm 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ com umidade relativa de 90-95%.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em fatorial 2×2 (estádio de maturação \times dose de etileno). Os tratamentos foram compostos por quatro repetições de 250 g de frutos acondicionados em cumbucas baixas de $5 \times 10 \times 17 \text{ cm}$. Frutos sadios foram avaliados quanto aos parâmetros físico-químicos após os tratamentos com etileno e, a cada 7 dias de armazenamento por um período de 14 dias. Determinou-se a taxa respiratória (produção de CO_2), resistência à compressão (N), cor da epiderme (ângulo Hue), teor de sólidos solúveis (SS, %), acidez titulável (% ácido málico) e concentração de ácido ascórbico ($\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$).

Os dados foram submetidos à análise de variância e comparações de médias pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas separadamente quanto aos tempos de avaliação e cultivar.

Resultados e Discussão

A partir das análises de variâncias foi constatada interação significativa entre os fatores estágio de maturação e aplicação de etileno para taxa respiratória (TR), resistência à compressão (RC) e ângulo Hue ($^{\circ}$ h) de acerolas 'Flor Branca'. A TR 1 dia após o tratamento com etileno exógeno foi menor em acerolas colhidas na maturação 2 sem aplicação de etileno. Aos 7 dias, acerolas colhidas na maturação 2 apresentaram menor TR, independente da aplicação de etileno. Aos 14 dias não foram constatadas diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 1).

Neste estudo, não foram detectadas concentrações do gás etileno para os períodos de armazenamento e tratamentos de acerolas 'Flor Branca'. A RC de acerolas 1 dia após o tratamento com etileno exógeno foi maior nos frutos colhidos na maturação 1, independente da aplicação de etileno. Aos 7 e 14 dias, acerolas colhidas na maturação 2 e tratadas com etileno apresentaram menor RC.

Acerolas no estágio de maturação 1 apresentaram maior $^{\circ}$ h 1 dia após o tratamento com etileno, independente da aplicação de etileno. Aos 7 dias, acerolas colhidas na maturação 2 e tratadas com etileno apresentaram menor $^{\circ}$ h.

Aos 14 dias, acerolas colhidas na maturação 2 apresentaram coloração mais vermelha, independente da aplicação de etileno. A aplicação de etileno exógeno não apresentou efeito significativo para o teor de SS, AT e AA nos períodos de avaliação, no entanto, foram observadas diferenças significativas entre estágios de maturação

Estudos com frutos de padrão respiratório do tipo climatérico e não climatérico evidenciaram que alguns aspectos do amadurecimento foram modulados pelo etileno, enquanto outros permaneceram completamente insensíveis, como mudanças físico-químicas de forma antecipada quando tratados com etileno exógeno, como em mangas 'Ubá' e maracujá-amarelo, com redução da AT, menor teor de SS e concentração de AA (BELTRAME, 2012; SILVA et al., 2012) e em morangos, com maior acúmulo de açúcares (ELMI et al., 2017).

Tabela 1. Taxa respiratória (TR), resistência à compressão (RC), cor da epiderme ($^{\circ}h$), teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e concentração de ácido ascórbico (AA) em acerolas 'Flor Branca' colhidas no estágio de maturação (1 = frutos com coloração verde ($^{\circ}h > 100^{\circ}$) e densidade $> 1 \text{ g cm}^{-3}$ e, 2 = frutos com coloração verde ($^{\circ}h > 100^{\circ}$) e densidade $< 1 \text{ g cm}^{-3}$) com e sem aplicação de etileno. Avaliações foram realizadas ao 1, 7 e 14 dias de armazenamento a 12°C e UR: 90-95%.

Avaliações	Estádio de maturação	1 dia		7 dias		14 dias	
		Sem etileno	Com etileno	Sem etileno	Com etileno	Sem etileno	Com etileno
TR (mol $\text{CO}_2 \text{ kg}^{-1}\text{h}^{-1}$)	1	64,54 Aa	66,54 Aa	57,00 Aa	59,67 Aa	64,18 Aa	67,86 Aa
	2	39,01 Bb	60,79 Aa	50,91 Ab	50,79 Ab	60,78 Aa	62,43 Aa
RC (N)	1	63,18 Aa	63,59 Aa	64,06 Aa	59,67 Aa	66,69 Aa	65,67 Ba
	2	34,26 Ab	25,44 Ab	17,05 Ab	14,74 Bb	35,59 Ab	35,02 Bb
$^{\circ}h$	1	117,9 Aa	117,7 Aa	114,0 Aa	113,8 Aa	118,5 Aa	117,8 Aa
	2	114,5 Ab	111,2 Ab	80,21 Ab	75,56 Bb	112,0 Ab	111,8 Ab
SS (%)	1	8,3 Aa	8,2 Aa	8,02 Aa	8,22 Aa	8,17 Aa	8,20 Aa
	2	7,6 Ab	7,5 Ab	7,45 Ab	7,55 Ab	7,52 Ab	7,45 Ab
AT (%)	1	1,51 Ab	1,54 Ab	1,75 Ab	1,80 Ab	1,82 Ab	1,84 Ab
	2	1,62 Aa	1,60 Aa	1,82 Aa	1,88 Aa	1,94 Aa	1,99 Aa
AA (g. 100g^{-1})	1	3,07 Aa	3,06 Aa	3,22 Aa	3,16 Aa	3,01 Aa	3,05 Aa
	2	2,55 Ab	2,42 Ab	2,84 Ab	2,69 Ab	2,74 Ab	2,85 Ab

Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Tukey (5%). Letras maiúsculas na linha comparam médias entre aplicação de etileno (com e sem etileno) e letras minúsculas na coluna comparam médias entre estágio de maturação (1 e 2) em cada dia de avaliação.

Acerolas colhidas na maturação 2 apresentaram mudanças físico-químicas características do processo de amadurecimento, como mudança de coloração verde para o vermelho e perda de resistência do fruto. No entanto, não foram observadas outras mudanças como a síntese autocatalítica de etileno, aumento na atividade respiratória, acúmulo de SS e redução do AA e AT em resposta ao etileno.

As acerolas colhidas no estágio 1 não desenvolveram o amadurecimento ao final do experimento, podendo ser consideradas frutos com estágio de maturação menos avançado. Neste sentido, a classificação de acerolas 'Flor Branca' com densidade $< 1 \text{ g cm}^3$ mostrou-se um método eficaz para determinar o ponto de colheita dos frutos para o consumo in natura.

Embora estudos tenham classificado a acerola como climatérica (ALVES et al., 1995; CARRINGTON; KING, 2002), a partir dos resultados observados neste trabalho, é possível sugerir que acerolas tenham um padrão intermediário aos padrões climático e não climático, sendo grande parte das mudanças físico-químicas independentes do hormônio do amadurecimento etileno.

Conclusões

Não foi observada atividade respiratória climatérica típica em resposta ao etileno, com base nos períodos de avaliação e temperatura de armazenamento. A aplicação exógena de etileno nas acerolas 'Flor Branca' não influenciou na maturação dos frutos.

As acerolas 'Flor Branca' colhidas no estágio de maturação 2 apresentaram mudança de coloração do verde para o vermelho durante 14 dias de armazenamento a $12 \text{ }^\circ\text{C}$. Acerolas colhidas no estágio 1 não apresentaram mudança de coloração do verde para o vermelho durante o armazenamento a $12 \text{ }^\circ\text{C}$.

A classificação de acerolas 'Flor Branca' com densidade $< 1 \text{ g cm}^3$ mostrou-se um método eficaz como indicador de ponto de colheita de frutos destinados ao consumo in natura.

Agradecimentos

À Embrapa Semiárido pela disponibilização da infraestrutura para a realização dos experimentos; à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (Facepe); e ao produtor, Sr. Duda, pelo fornecimento dos frutos.

Referências

- ALVES R. E.; CHITARRA A. B.; CHITARRA M. I. F. Postharvest physiology of acerola (*Malpighia emarginata* DC.) fruits: Maturation changes, respiratory activity and refrigerated storage at ambient and modified atmospheres. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 370, p. 223-229, 1995.
- ARCHBOLD, D. D.; POMPER, K. W. Ripening pawpaw fruit exhibit respiratory and ethylene climacterics. **Postharvest Biology and Technology**, [Oxford], v. 30, p. 99-103, 2003.
- BELTRAME, A. E. G. de. **Fisiologia do amadurecimento de maracujá-amarelo e goiaba 'Pedro Sato' ligados ou não às plantas**. 2012. 114 p. Tese (Doutorado em Ciências – Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- CARRINGTON, S. C. M.; KING, G. R. A. Fruit development and ripening in Barbados cherry, *Malpighia emarginata* DC. **Scientia Horticulturae**, [Oxford], v. 92, n. 1, p. 1-7, 2002.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: Ufla, 2005. p. 783.
- ELMI, F.; PRADAS, I.; TOSETT, R.; COOLS, K.; TERRY, L. A. Effect of ethylene on postharvest strawberry fruit tissue biochemistry. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 4, n. 1156, p. 667-672, 2017.
- MACIEL, M. I. S.; MELO, E. de A.; LIMA, V. L. A. G. de; SILVA, W. S. da; MARANHÃO, C. M. C.; SOUZA, K. A. de. Características sensoriais e físico-químicas de geléias mistas de manga e acerola. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 27, n. 2, p. 247-256, 2009.
- SILVA, D. P. S. da; SALOMÃO, L. C. C.; SIQUEIRA, D. L.; CECON, P. R.; STRUIVING, T. B. Amadurecimento de manga 'Ubá' com etileno e carbureto de cálcio na pós-colheita. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 42, n. 2, p. 213-220, 2012.