

## EMISSÃO DE ETILENO E DE CO<sub>2</sub> EM MAMÃO ‘SUNRISE SOLO’ E ‘GOLDEN’<sup>1</sup>

MARCOS JOSÉ DE OLIVEIRA FONSECA<sup>2</sup>, NILTON ROCHA LEAL<sup>3</sup>, SÉRGIO AGOSTINHO CENCI<sup>2</sup>, PAULO ROBERTO CECON<sup>4</sup>, RICARDO ENRIQUE BRESSAN-SMITH<sup>3</sup>, ANTÔNIO GOMES SOARES<sup>2</sup>

**RESUMO** – Frutos de mamoeiro ‘Sunrise Solo’ e ‘Golden’ foram armazenados a 10° C e a 25° C e monitorados diariamente quanto às emissões de CO<sub>2</sub> e de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, observando-se a evolução do índice de cor de casca. A não-alteração do índice de cor de casca, ao longo dos 20 dias de conservação a 10° C, refletiu a influência da refrigeração na retenção do metabolismo dos mamões. Houve dois incrementos da respiração e da emissão de etileno, no quarto dia e entre o oitavo e o nono dia, nos frutos armazenados a 25° C. A temperatura de 10° C deteve a respiração climatérica do mamão e a emissão de etileno, comprovando que o seu metabolismo se reduz, permitindo que os frutos apresentem aspecto imaturo após 20 dias de armazenamento.

**Termos para indexação:** *Carica papaya*; respiração; pós-colheita; amadurecimento.

### EMISSION OF ETHYLENE AND CO<sub>2</sub> IN ‘SUNRISE SOLO’ AND ‘GOLDEN’ PAPAYA

**ABSTRACT** - Papaya fruits of Sunrise Solo and Golden cultivars were stored at 10°C and 25°C. They were daily evaluated on C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> production rates, by observing the peel color index increasing. The non increasing of the peel color index, during the 20 days of stored, was influenced by the appropriate refrigeration temperature whose inhibit papayas metabolism. It was noticed in the fourth and between the eighth and ninth day an increasing on respiration and ethylene rates, in the fruits stored at 25°C. The refrigeration decreased the respiration rate and papayas ethylene production, showing a metabolism reduction allowing fruits to present unripe appearance, even after 20 days of storage.

**Index terms:** *Carica papaya*; respiration; post-harvest; ripening

Para a exportação de mamão, o estudo do processo respiratório e a liberação de etileno, e a associação a alguma característica de fácil visualização, como a coloração da casca é fundamental para o planejamento do uso de atmosfera controlada e de atmosfera modificada. Segundo Kader (2001), o mamão, de forma geral, apresenta taxas respiratória e de liberação de etileno de 4 a 6 mL CO<sub>2</sub> (kg.h)<sup>-1</sup> e de 0,2 a 4 μL C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> (kg.h)<sup>-1</sup> a 10° C, respectivamente, e de 15-35 mL CO<sub>2</sub> (kg.h)<sup>-1</sup> e de 1,0 a 15 μL C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> (kg.h)<sup>-1</sup>, a 20° C. Entretanto, este estudo não considerou diferenças varietais ou de região de cultivo.

Para esclarecer estes pontos para as principais cultivares produzidas no Brasil, foi elaborado este trabalho para monitorar as emissões de CO<sub>2</sub> e de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, em mamões ‘Sunrise Solo’ e ‘Golden’, armazenados a 10° C e a 25° C.

Frutos de mamoeiro ‘Sunrise Solo’ e ‘Golden’ foram colhidos em pomar comercial localizado em Linhares-ES, no estádio 1 (até 10% de coloração amarela na casca) da escala de maturação, adaptada por Fonseca (2002). Não foi aplicado qualquer tratamento pós-colheita nos frutos, que foram classificados (10 frutos por caixa de 3,5kg), embalados e transportados até o Laboratório de Pós-Colheita da EMBRAPA Agroindústria de Alimentos, no Rio de Janeiro, e armazenados em câmaras de amadurecimento controlado nas temperaturas de 10° C, por 20 dias, e de 25° C, por 9 dias.

A evolução da coloração de casca foi acessada por comparação visual à escala de cor adaptada por Fonseca (2002): estádio 1 (até 10% de coloração amarela na casca); 2 (10 a 25%); 3 (26 a 40%); 4 (41 a 55%); 5 (56 a 70%); 6 (71 a 85%), e 7 (86 a 100% de coloração amarela). Diariamente, quatro frutos foram mantidos em panela de pressão, adaptadas com septo. Após a análise, estes frutos eram descartados para evitar um possível efeito residual deletério da atmosfera. Assim, no dia seguinte, novos frutos eram retirados aleatoriamente das caixas. Alíquotas de 0,5 mL da atmosfera produzida foram retiradas, após 4; 7 e 10h de fechamento das panelas, e analisadas em cromatógrafo a gás Finnigan 9001, com a seguinte configuração: H<sub>2</sub> como gás de arraste e fluxos do N<sub>2</sub> de 77 mL (min)<sup>-1</sup>, do ar sintético de 58,8 mL (min)<sup>-1</sup> e do H<sub>2</sub> de 26 mL (min)<sup>-1</sup>; 1ª coluna para separação do O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>: Porapak N com 1/8" de diâmetro interno, 4m de

comprimento e temperatura de operação de 50° C; Válvula pneumática para mudança de coluna, com tempo de giro da válvula de 3min; 2ª coluna para separação do C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>: Peneira molecular 13x com 1/8" de diâmetro interno, 2m de comprimento e temperatura de operação de 50° C; Temperaturas do injetor de 70° C, do forno de 50° C, TCD de 180° C e do FID 180° C; Tempos de retenção: O<sub>2</sub> 1min27s; N<sub>2</sub> 1min33s; CO<sub>2</sub> 4min24s e C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> 5min21s; Tempo de mudança do TCD para FID: 4min54s. O tempo de fechamento das panelas necessitou ser de até 10h, uma vez que muitas vezes não se detectou a presença de etileno e de dióxido de carbono em 4 e/ou 7h, sobretudo à temperatura de 10° C. Quando foi possível detectar já em 4 horas após o fechamento das panelas, verificou-se incremento linear até 10 horas de fechamento.

Os tratamentos foram dispostos em esquema de parcelas subdivididas, com temperatura (10° C e 25° C) constituindo a parcela e tempo constituindo a subparcela, em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Os dados foram interpretados por análise de variância (para cada genótipo) e de regressão. Como os frutos analisados em cada dia eram descartados, foram analisados 12 frutos de cada variedade por dia, totalizando 24 frutos por dia. Para a temperatura de 10° C, o experimento se estendeu por 20 dias, totalizando um universo amostral de 480 frutos. Para a temperatura de 25° C, utilizaram-se 216 frutos, em nove dias de análises.

Não houve interação significativa entre cultivares e data de avaliação para o índice de cor de casca e para as taxas de emissão de dióxido de carbono e de etileno dos frutos mantidos a 25° C (Tabela 1). Observa-se na Figura 1A que, aos 4 dias após a colheita, os frutos de mamão ‘Sunrise Solo’ e ‘Golden’ apresentaram índice de cor de casca igual a 3, correspondente ao estádio de 3 estrias amarelas na casca dos frutos para ambas as cultivares. Oito dias após a colheita, os frutos alcançaram o índice máximo e igual a 7 (totalmente amarelos).

A taxa de emissão de CO<sub>2</sub> pode ser observada na Figura 1B. Sob refrigeração a 10° C, a emissão de CO<sub>2</sub> permanece praticamente inalterada, em torno de 2 a 3 mg CO<sub>2</sub> (kg.h)<sup>-1</sup>, durante todo o período experimental, com pequena tendência de elevação ao final, sobretudo em mamão ‘Sunrise Solo’. Na Figura 1C, apesar de serem apresentados valores constantes para a taxa de emissão de etileno, podem-se

<sup>1</sup> (Trabalho 050-2005). Recebido: 04-04-2005. Aceito para publicação: 19-05-2006. Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor.

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Embrapa Agroindústria de Alimentos. Av. das Américas, 29501 – Guaratiba CEP 23020-470, Rio de Janeiro-RJ, e-mail: mfonseca@ctaa.embrapa.br, cenci@ctaa.embrapa.br, agomes@ctaa.embrapa.br

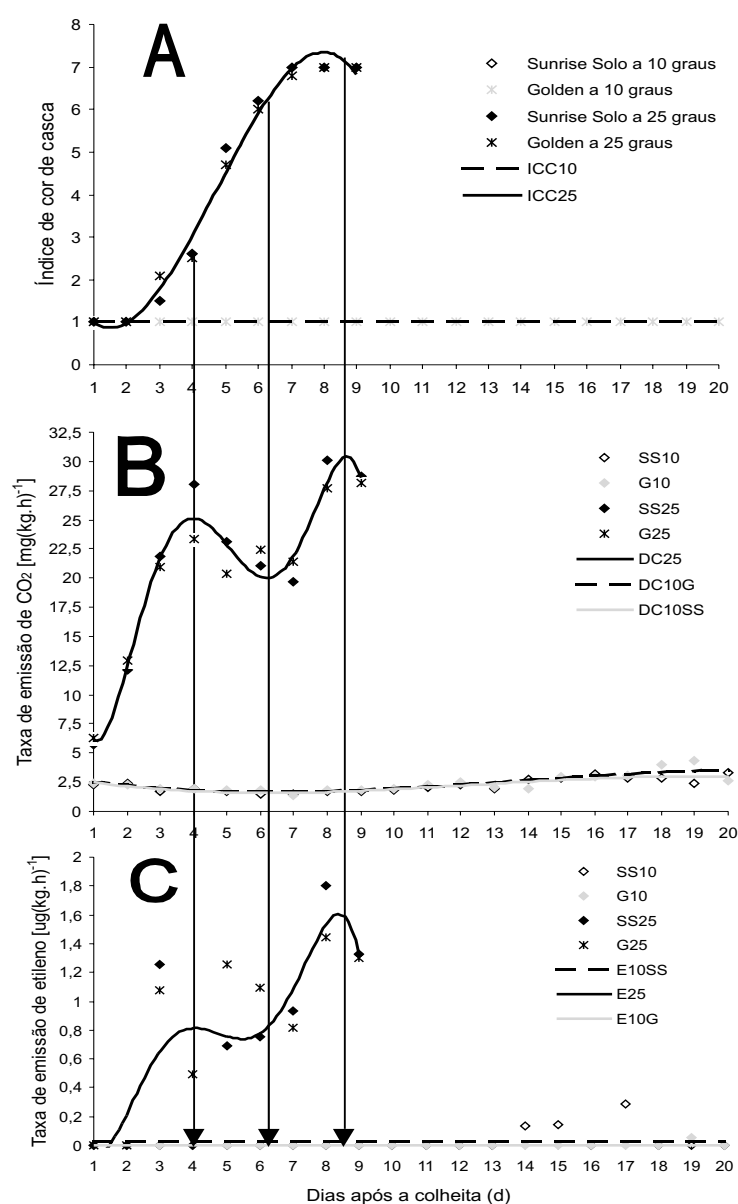
<sup>3</sup> PhD, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Av. Alberto Lamego, 2000 – Parque Califórnia, Campos dos Goytacazes – RJ. CEP 28015-620, e-mail: nilton@uenf.br, brsmith@uenf.br

<sup>4</sup> D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Av. P.H.Rolfs, s/n, Viçosa-MG, CEP 36571-000, e-mail: cecon@dpi.ufv.br

**TABELA 1** - Resumo da análise de variância das taxas de emissão dos gases a 10° C e a 25° C e do índice de cor de casca a 25° C das duas variedades de mamão

Fonte de variação	G.L.	Quadrado Médio		G.L.	Quadrado Médio		Quadrado Médio	
		Taxa de Emissão de CO <sub>2</sub> a 10° C	Taxa de Emissão de C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> a 10° C		Índice de Cor de Casca, a 25° C	G.L.	Taxa de Emissão de CO <sub>2</sub> , a 25o C	Taxa de Emissão de C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> , a 25o C
Cultivar (Cv)	1	2,70282 <sup>n.s.</sup>	0,05687 <sup>n.s.</sup>	1	0,10880 <sup>n.s.</sup>	1	23,90053 <sup>n.s.</sup>	0,26445 <sup>n.s.</sup>
Resíduo a	4	5,06465	0,05116	18	1,33344	4	356,31073	4,02862
Data de Avaliação (D)	19	6,58539**	0,02410**	8	138,42230**	8	918,54542**	5,89850**
Cv x D	19	1,39049**	0,02548**	8	0,87405 <sup>n.s.</sup>	8	20,58230 <sup>n.s.</sup>	0,45193 <sup>n.s.</sup>
Resíduo b	307	0,32108	0,01078	142	0,327451	137	18,21512	0,37269
C.V.% Parcela		70,60	1.597,41		7,82		23,29	63,78
<b>C.V.% Subparcela</b>		<b>110,21</b>	<b>1.039,76</b>		<b>278,86</b>		<b>144,41</b>	<b>301,23</b>

\*\* Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F

<sup>n.s.</sup> Não-significativo, pelo teste F

ICC10 = 1; ICC25 = 2,0414 - 1,6881\*\*d + 0,6727\*\*d<sup>2</sup> - 0,0473\*\*d<sup>3</sup> R<sup>2</sup>=0,99;  
 DC25 = 25,9241 - 45,7547\*\*d + 33,7846\*\*d<sup>2</sup> - 9,002\*\*d<sup>3</sup> + 1,0153\*\*d<sup>4</sup> -  
 0,041\*\*d<sup>5</sup> R<sup>2</sup>=0,96; DC10SS = 2,934 - 0,4885\*\*d + 0,0524\*\*d<sup>2</sup> - 0,0014\*\*d<sup>3</sup>  
 R<sup>2</sup>=0,82; DC10G = 2,9386 - 0,4457\*\*d + 0,046\*\*d<sup>2</sup> - 0,0011\*\*d<sup>3</sup> R<sup>2</sup>=0,72;  
 E25 = 1,1568 - 0,0259\*\*d + 1,846\*\*d<sup>2</sup> - 0,4985\*\*d<sup>3</sup> + 0,0581\*\*d<sup>4</sup> -  
 0,0024\*\*d<sup>5</sup> R<sup>2</sup>=0,70; E10SS = 0,0285; E10G = 0,0029

**FIGURA 1** - Estimativa do índice de cor de casca (A) do mamão armazenado a 10° C (ICC10) e a 25° C (ICC25); taxa de emissão de CO<sub>2</sub> (B) do mamão armazenado a 25° C (DC25), e 'Golden' (DC10G) e 'Sunrise Solo' (DC10SS) do mamão armazenado a 10° C; e taxa de emissão de etileno (C) do mamão armazenado a 25° C (E25) e 'Sunrise Solo' (E10SS) e 'Golden' (E10G) armazenado a 10° C

observar maiores emissões em mamão 'Sunrise Solo' devido, principalmente, aos valores apresentados aos 14; 15 e 17 dias. A única observação de elevação da taxa de etileno em frutos de 'Golden' ocorreu posteriormente, aos 19 dias de armazenamento refrigerado.

Na Figura 1B e 1C, foram adotadas curvas com regressões de polinômios de quinto grau para mamão armazenado a 25° C, caracterizando dois picos respiratórios coincidentes a dois picos de emissão de etileno, exatamente no quarto dia e entre o oitavo e o nono dias de avaliação. Na literatura, normalmente, as referências citam que ocorre um único pico em frutos climatéricos. Os picos de emissão de dióxido de carbono e de emissão de etileno, no quarto dia após a colheita, coincidem com o estágio de 3 pintas amarelas na casca de ambas as cultivares. A coincidência entre o primeiro pico de emissão de dióxido de carbono e de etileno com o estágio de 3 pintas amarelas na casca permite associar esta característica com o pico climatérico das cultivares de mamão estudadas, aos quatro dias de armazenamento a 25° C. O segundo pico de emissão dos dois gases é posterior (após o oitavo dia) ao estágio final (7) de coloração de casca (oitavo dia).

A observação do segundo pico foi relacionada ao início de sobreamadurecimento do mamão, armazenado a 25° C, que começou a ser observado a partir do sétimo dia de análise. A confirmação desta observação é a nova ascensão da respiração e da emissão de etileno (Figura 1). Este segundo pico [30,5mg CO<sub>2</sub> (kg.h)<sup>-1</sup> e 1,6µg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>(kg.h)<sup>-1</sup>] foi, inclusive, mais intenso que o primeiro [25mg CO<sub>2</sub> (kg.h)<sup>-1</sup> e 0,85µg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>(kg.h)<sup>-1</sup>].

A ocorrência de segundo pico de emissão de etileno foi observada em outras culturas. No período pós-climatérico, pode ser visto um segundo pico de etileno em tomate 'Capelo' e em abacate 'Hass', sendo mais regular neste último. Isto pode ser interpretado como sinal para a ocorrência do último estágio, a senescência (Gouble et al., 1995). Paull (1996) verificou a ocorrência de 1 pico de etileno em banana 'Santa Catarina Prata', armazenada a 17,5° C, e dois picos quando armazenada a 22,5° C, quando ocorre despencamento, temperatura próxima à adotada neste trabalho com mamão. Na graviola, o início do pico de produção de etileno coincide com o início do amaciamento dos frutos, e a máxima liberação de etileno coincide com o amaciamento de todo o fruto (Alves et al., 1997).

A ocorrência do incremento da respiração e da emissão de etileno, em dois picos coincidentes no quarto dia (climatérico) e entre o oitavo e o nono dias, nos frutos armazenados a 25° C, embora ainda não registrada, é consistente com as fases de amadurecimento e sobreamadurecimento do mamão, ocorrendo nas duas cultivares estudadas.

Não se verificou ocorrência de ascensão climatérica nos mamões armazenados a 10° C, podendo-se inferir que a refrigeração, *per se*, é suficiente para a retenção do metabolismo. Isto permitiu que, após 20 dias de armazenamento, os frutos apresentassem aspecto verde e imaturo, refletido na retenção do índice de cor de casca inicial.

Sinceros agradecimentos à Empresa GAIA Importação e Exportação Ltda., pelo fornecimentos dos frutos; à White Martins, pelo fornecimento dos gases, e à Fundação Estadual do Norte

Fluminense (FENORTE), pela bolsa de estudos concedida.

#### REFERÊNCIAS

- ALVES, R.E.; FILGUEIRAS, H.A.C.; MOSCA, J.L. Colheita e pós-colheita de anonáceas. In: SÃO JOSÉ, A.R.; SOUZA, I.V.B.; MORAIS, O.M.; REBOUÇAS, T.N.H. (Ed). **Anonáceas: produção e mercado** (pinha, graviola, atemóia e cherimólia). Vitória da Conquista: DFZ-UESB, 1997. p.240-256.
- FONSECA, M.J.O. **Conservação pós-colheita de mamão (*Carica papaya* L.): análise das cultivares Sunrise Solo e Golden, sob controle de temperatura e da atmosfera**. 2002. 177f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2002.
- GOUBLE, B.; FATH, D.; SOUDAIN, P. Nitrous oxide inhibition of ethylene production in ripening and senescing climateric fruits. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.5, p.311-321, 1995.
- KADER, A.A. **Papaya: recommendations for maintaining postharvest quality**. Disponível em: [<http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Fruit/papaya.html>]. Acessado em: 26 maio 2001.
- PAULL, R. E. Ethylene, storage and ripening temperatures affect Dwarf Brazilian finger drop. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.8, p.65-74, 1996.