

Janeiro e Fevereiro de 1981

VOL. XXVIII

N.º 155

Viçosa — Minas Gerais

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

DESCRIÇÃO BIOQUÍMICA E FISIOLÓGICA DA MATURAÇÃO DOS FRUTOS DE TOMATEIRO^{1/}

Paulo V. L. Medina^{2/}

Regina M. T. Medina^{3/}

1. INTRODUÇÃO

O amadurecimento dos frutos de tomateiro está associado a mudanças drásticas na coloração, amolecimento dos tecidos e desenvolvimento de aroma característico (12). Essas alterações incluem degradação da clorofila, síntese e acúmulo de substâncias carotenóides, solubilização da pectina no interior dos frutos e desenvolvimento de substâncias que são causa do sabor. Rápido aumento na evolução do etileno e do gás carbônico pode ser verificado quando ocorre a mudança de coloração (11).

Foi estabelecido, por Lyons *et alii* (7) e por Burg e Burg (3), que muitas espécies de frutos acumulam etileno internamente, numa concentração suficiente para estimular a maturação. Entretanto, que o etileno seja o primeiro fator produzido internamente e que induza a maturação dos frutos é ainda coisa que não se pode afirmar (2, 5, 9).

O estudo da maturação requer a identificação das transformações bioquímicas e fisiológicas do processo. O objetivo deste trabalho foi caracterizar os diversos parâmetros da maturação, durante o desenvolvimento dos frutos de tomateiro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Frutos de tomateiro, cultivar Veegan, foram produzidos em casa-de-vegetação. Foi obtida uma população uniforme que restringiu a carga de frutos por cacho (8, 9). Os frutos foram colhidos em intervalos diferentes de desenvolvimentos, depois da antese (10, 30, 50, 70, 90, 100 e 110%). A idade dos frutos na época da colheita foi expressa em percentagem do período total de crescimento, sendo 100% a

^{1/} Recebido para publicação em 02-05-1979.

^{2/} Departamento de Fitotecnia da U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

^{3/} Departamento de Matemática da U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

média do tempo, depois da antese, para que os frutos atingissem o tamanho máximo (9).

Os frutos foram colhidos, pesados individualmente, colocados em jaras, à temperatura de $21 \pm 1^\circ\text{C}$, e ventilados com um suprimento de ar umidificado e livre de CO_2 , numa vazão de 13,5 a 16,0 litros por hora. A respiração desses frutos foi determinada, diariamente, por um analisador de gás infravermelho (Beckman 315 A). A produção de etileno desses frutos foi determinada por cromatografia gasosa (Varian Aerograph 1200), por meio de um detector de ionização. Usou-se o tipo de coluna Porapak R, com diâmetro de 0,0031 e comprimento de 1,0 m. A temperatura do injetor e do detector era de 200°C . O N_2 foi usado como gás de arraste, numa vazão de 25 ml/min. As análises foram efetuadas a uma temperatura de $21 \pm 1^\circ\text{C}$. Todas as taxas foram calculadas com base no peso fresco original.

As extrações dos pigmentos foram efetuadas em discos dos pericarpos dos frutos, representativos dos diferentes estádios de desenvolvimento. Os tecidos foram homogeneizados numa mistura de 4 volumes de acetona e 5 de hexano e, então, centrifugados a 8000 rpm. A camada superior do extrato foi analisada num espectrofotômetro (Beckman DB).

A atividade da pectinametilesterase (PME) foi determinada pelo método de Hills e Mottern (6), e a poligalacturonases (PG) pelo método de BABBIT *et alii* (1). O processo de extração e análise de proteína foi o método de Lawry, descrito por CHERRY (4).

Para a determinação do etileno endógeno, os frutos foram imersos em água, e o gás foi extraído por meio de vácuo e analisado por cromatografia, como anteriormente.

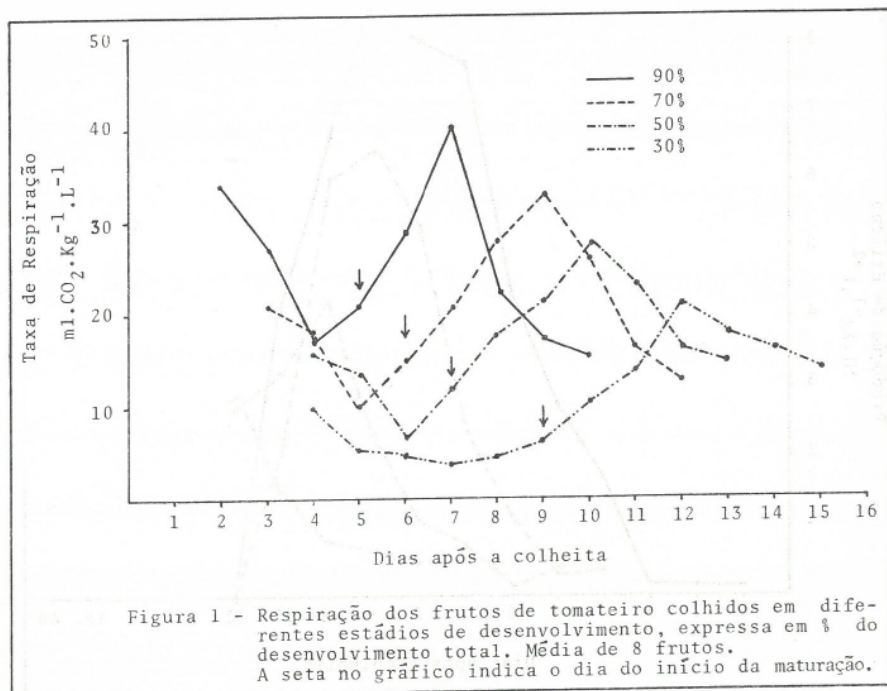
Os limites estatísticos foram estimados por desvio-padrão da população ($n_1 = 8$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A atividade respiratória na maturação é um processo característico e peculiar na maioria dos frutos. Como o tomate pertence à classe dos frutos denominados climatéricos, em condições normais, um aumento rápido da atividade respiratória deve coincidir com as primeiras mudanças de coloração, mudanças na textura dos frutos e aumento significativo na concentração do etileno endógeno.

Pode-se verificar, nas Figuras 1 e 2, a evolução de CO_2 e de etileno dos frutos colhidos com 30, 50, 70 e 90% do seu desenvolvimento total. A magnitude dos piques foram dependentes do estágio de desenvolvimento de cada fruto, contrariamente ao que ocorre com os frutos de melão, nos quais a evolução de CO_2 e de etileno ocorre no mesmo momento, depois da antese, independentemente da idade com que foram colhidos (8, 10). Embora os dois frutos pertençam à classe dos climatéricos, há um mecanismo de maturação próprio para cada um deles. Em tomate, é necessário haja determinado tempo ou um desenvolvimento celular orientado, depois da colheita, para que os frutos apresentem a evolução e o pique climatérico, bem como todas as outras transformações pertinentes à maturação. Frutos com 100 e 110% de desenvolvimento não apresentaram as curvas características de respiração e de etileno, que, forçosamente, já haviam ocorrido antes da colheita, na própria planta; porém, frutos colhidos com 10% de desenvolvimento não mostraram o climatérico por estarem, nesse estágio, fisiologicamente imaturos.

O Quadro 1 mostra a concentração dos pigmentos dos frutos nos diferentes estádios de desenvolvimento. A fase de transição entre a maturação e a senescência envolve degradação de clorofila e, com mais intensidade, mudanças na decomposição dos carotenóides. Os principais componentes dos carotenóides em tomate



são o licopeno, que absorve num comprimento de onda de 502 nm, e o β caroteno, que absorve em 470 nm (14). Verifica-se, nesse quadro, que, nos frutos com 100% de desenvolvimento, 63% da concentração da clorofila já tinham sido degradados e que, nesse mesmo estágio verificou-se o início da síntese de licopeno e β caroteno.

A coloração verde dos frutos imaturos é atribuída à clorofila. Iniciada a maturação, pigmentos amarelos (β caroteno) são produzidos e caracterizam a coloração dos frutos, graças à degradação da clorofila. Subseqüentemente, um acúmulo de licopeno influencia a cor vermelha dos frutos, mesmo com altas concentrações de β caroteno.

Nesse período de mudanças de coloração os frutos apresentaram maior atividade metabólica, refletida pela alta taxa respiratória. A síntese de novos pigmentos, bem como a síntese do etileno endógeno (cujo aumento de concentração também só se verificou nesse período (Quadro 2), induziu a necessidade de formação de novas proteínas ou enzimas específicas participantes dessas reações.

O nível de proteína apresentou uma concentração mínima antes que o fruto atingisse seu desenvolvimento total, daí aumentando até os 110% de desenvolvimento do fruto, como se vê no Quadro 2. Nesse quadro, verifica-se a atividade das enzimas que degradam a parede celular. A pectinametilesterase, que catalisa a deesterificação do éster metílico do polímero da pectina, para produzir o ácido poligalacturônico, apresentou sua máxima atividade aos 100% do desenvolvimento. Normalmente, o amolecimento dos frutos é mais relacionado com a atividade da poligalacturonase (13), cuja função básica é degradar o ácido poligalacturônico em ácido galacturônico.

A poligalacturonase apresentou uma atividade mínima até os 100% de desenvolvimento dos frutos; daí para a frente a sua atividade foi acentuadamente aumentada, o que mostra sua ação na mudança da textura dos frutos.

O fator-chave que governou a iniciação do amadurecimento permanece

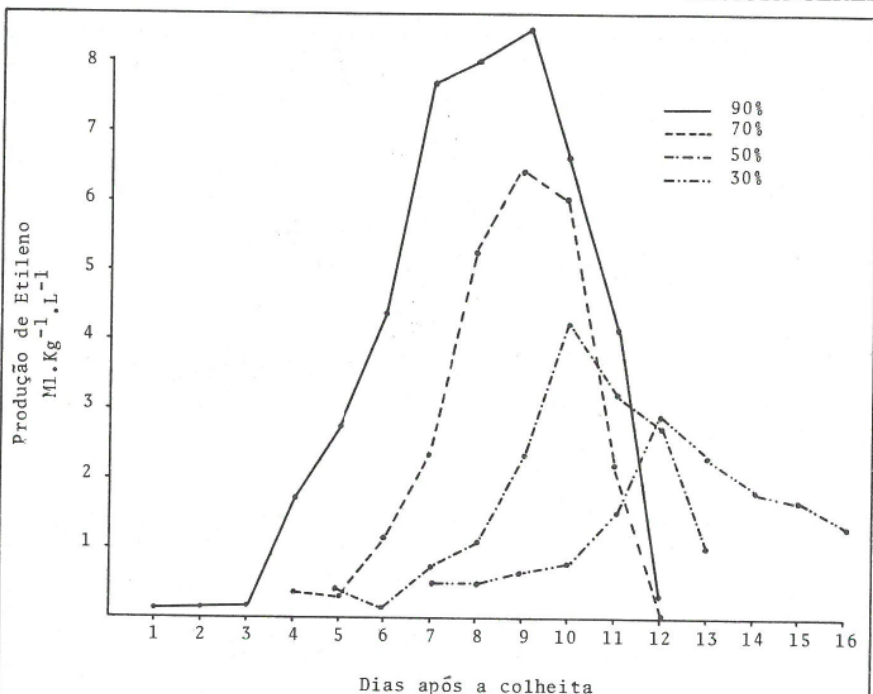


Fig. 2 - Evolução do etileno nos frutos de tomateiro colhidos em diferentes estádios de desenvolvimento, expressa em % do desenvolvimento total. Média de 8 frutos.

obscuro, mas há evidências de que a principal mudança bioquímica durante o desenvolvimento crítico do fruto (mudança na respiração, na pigmentação, na atividade das enzimas que degradam a parede celular e na produção de etileno) resultou de uma coordenada síntese de proteínas selecionadas. Dentro desse limite, mudanças na composição dessas proteínas conduzem à formação dos indutores do amadurecimento.

4. RESUMO

Plantas de tomate, cv. Veegan, foram produzidas em estufa. Com isso, obteve-se uma uniforme população de frutos, porém houve queda na produção dos cachos. Os frutos foram colhidos em diferentes intervalos após a antese (10 a 110% de desenvolvimento). A respiração e a produção de etileno dos frutos, colhidos separadamente, foram determinadas diariamente. O pique climatérico e a produção de etileno ocorreram em diferentes épocas, independentemente da época de colheita.

Os sintomas do amadurecimento e as mudanças na coloração e no amolecimento (medidas pela atividade da pectinametilesterase e da poligalacturonase) foram determinados em frutos colhidos em diferentes estádios de desenvolvimento.

Foi proposto que a principal mudança bioquímica que conduz ao amadurecimento dos frutos resulta de uma síntese coordenada de proteínas selecionadas.

5. SUMMARY

Tomato plants, cv. Veegan, were grown in a greenhouse. Uniform production of fruits per plant was attained by restricting the fruit load per cluster. The fruits

QUADRO 1 - Concentração dos pigmentos dos frutos de tomateiro colhidos em diferentes estádios de desenvolvimento

Comprimento de onda (nm)	% de desenvolvimento					
	10	30	50	70	90	110
661	0,47±0,02	0,45±0,02	0,48±0,03	0,46±0,03	0,38±0,02	0,18±0,04
502	-**	-	-	-	-	1,3 ± 0,2
470	-	-	-	-	-	2,1 ± 0,6

* Absorção/grama peso fresco.

** Ausência de pigmentação.

QUADRO 2 - Concentração de proteína, atividade enzimática da pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG) e concentração interna de etileno dos frutos de tomateiro colhidos em diferentes estádios de desenvolvimento

	% de desenvolvimento					
	10	30	50	70	90	110
Conteúdo de proteína em mg/100g de tecido	143±2	116±5	96,4±4	88±3	78±4	103±4
Atividade da PME em unidades/mg de proteína	23±2	30±2	53±3	117±5	137±7	157±6
Atividade da PG em unidades/mg de proteína	-	2±0,3	10±1	17±2	29±2	57±2
Concentração interna de etileno de 1/kg de tecido	1,8±0,3	1,7±0,6	1,7±0,4	3,1±1,0	2,1±0,7	11,4±16,1

were picked at various intervals after anthesis from 10-110% of development. Fruit respiration and ethylene evolution were determined daily. The respiratory peak and ethylene production tend to occur at different times after harvest.

The symptoms of ripening (color change, softening, and synthesis of ethylene) were determined at different stages of development.

It is proposed that the main biochemical changes during ripening result from a coordinated synthesis of selected proteins.

6. LITERATURA CITADA

1. BABBIT, J.K., POWERS, M.J. & PATTERSON, M.E. Effects of growth-regulators on cellulase, polygalacturonase, respiration, color, and texture of ripening tomatoes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 98:77-81. 1973.
2. BIALE, J.B. Growth, maturacion and senescence in fruits. *Science* 146:880-888. 1964.
3. BURG, S.P. & BURG, E.A. Ethylene action and the ripening of fruits. *Science* 148:1190-1196. 1965.
4. CHERRY, J.H. *Molecular biology of plants*. New York, Columbia University Press, 1973. 204 p.
5. COOMBE, B.G. The development of fleshy fruits. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 27: 207-228. 1976.
6. HILLS, C. & MOTTERN, H.H. Preparation of tomato pectase. *J. Biol. Chem.* 168:651-655. 1947.
7. LYONS, J.M., McGLASSON, W.B. & PRATT, H.K. Ethylene production, respiration, and internal concentration in cantaloupe fruits at various stages of maturity. *Plant Physiol.* 37:31-36. 1962.
8. LYONS, J.M. & PRATT, H.K. Effect of stage of maturity and ethylene treatment on respiration and ripening of tomato fruits. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 81:491-500. 1964.
9. McGLASSON, W.B., DOSTAL, H.C. & TIGCHELAR, E.C. Comparison of propylene induced responses of immature fruit of normal and *Rin* mutant tomatoes. *Plant Physiology* 55:218-222. 1976.
10. McGLASSON, W.B. & PRATT H.K. Effects of ethylene on cantaloupe fruits harvested at various ages. *Plant Physiology* 39:120-127. 1964.
11. MEDINA, P.V.L. *Pectinmethylesterase as a factor in tomato fruit ripening*. West Lafayette, Purdue University, 1977. 107 p. (Tese Ph.D.).
12. PATTERSON, M.E. The role of ripening in the affairs of man. *HortScience* 5: 30-32. 1970.
13. PRESSEY, R. & AVANTS, J.K. Multiple forms of pectinmethylesterase in tomatoes. *Phytochemistry* 11:3139-3142. 1972.
14. TOMES, M.L. Temperature inhibition of carotene synthesis in tomato. *Bot. Gaz.* 124:180-185. 1963.