

**EFEITOS DO ÁCIDO 2-CLOROETILFOSFÔNICO
(ETHEPHON)*, DAS GIBERELINAS, DO CONFINAMENTO
EM SACOS DE POLIETILENO E DA TEMPERATURA, NO
AMADURECIMENTO DO TOMATE (*Lycopersicon esculentum*
MILL.)****

MARCEL AWAD e ALICE K. ARAMIZU
Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto

MANOEL G. C. CHURATA-MASCA
Faculdade de Medicina Veterinária e Agronomia de Jaboticabal

PAULO R. C. CASTRO
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Universidade de São Paulo — Piracicaba

INTRODUÇÃO

O amadurecimento de frutas pode ser controlado pela aplicação de reguladores naturais ou sintéticos do crescimento. Um novo regulador do crescimento sintético que tem mostrado um efeito acentuado no amadurecimento das frutas é o ácido 2-cloroetilfosfônico (ethephon). Este composto tem acelerado o amadurecimento de frutas que apresentam um climatério na fase final do seu desenvolvimento, como o tomate, o melão, o figo e a banana (RABINOWITCH, RUDICH & KEDAR, 1970; CRANE, MAREI & NELSON, 1970; AWAD & COMPAGNO, 1973). Este efeito é o resultado da propriedade do ethephon de liberar etileno em tecidos vegetais (WARNER & LEOPOLD, 1967; EDGERTON & BLANPIED, 1968; YANG, 1969). O etileno é considerado atualmente como o hormônio do amadurecimento.

As giberelinas, que são reguladores naturais do crescimento, têm-se mostrado capazes de retardar o amadurecimento do tomate,

(*) Produto da Anchem Products Inc. cedido gentilmente pela Quimbrasil.

(**) Trabalho efetuado parcialmente com auxílio da FAPESP.

da banana e do caqui (DOSTAL & LEOPOLD, 1967; RUSSO, DOSTAL & LEOPOLD, 1968; AWAD & AMENOMORI, 1971). Observações feitas (MURAKAMI, 1961) mostraram que durante o amadurecimento normal de frutos, ocorre um decréscimo no conteúdo natural de giberelinas. A aplicação exógena de giberelinas pode retardar esta queda atrasando o processo de amadurecimento.

O amadurecimento de frutas pode também ser controlado alterando-se a atmosfera gasosa em que se encontram. A acumulação de CO₂ e a diminuição do teor de O₂ que ocorrem quando frutas são conservadas lacradas em sacos de polietileno, retardam seu amadurecimento. O CO₂ é considerado um antagonista do etileno (BURG & BURG 1967) e o O₂ é necessário para as transformações metabólicas que liberam energia para o processo de amadurecimento e para a biossíntese do etileno.

A velocidade das reações bioquímicas do amadurecimento está diretamente relacionada com a temperatura do fruto. Este fato tem sido utilizado na conservação de frutas a baixas temperaturas.

O objetivo deste estudo foi determinar as melhores condições de aplicação do ethephon, das giberelinas, do confinamento de tomates em sacos de polietileno e da temperatura, para controlar o amadurecimento dessa fruta e permitir a sua colocação no mercado nas melhores condições para o produtor e o consumidor.

MATERIAIS E MÉTODOS

Na primeira parte deste experimento foram utilizados frutos verdes de tomate do grupo Santa Cruz, homogêneos quanto à cor verde e ao tamanho. Os tomates foram colhidos em 6--12-1971, e no dia seguinte, foram constituídos 11 grupos de 50 tomates e aplicados os seguintes tratamentos:

- T0 : Controle
- T1 : Ethephon a 1000 ppm (imersão de 1 minuto).
- T2 : Ethephon a 1000 ppm (imersão de 5 minutos).
- T3 : Ethephon a 1000 ppm (imersão de 10 minutos).
- T4 : Ethephon a 2000 ppm (imersão de 1 minuto).
- T5 : Ethephon a 2000 ppm (imersão de 5 minutos).
- T6 : Ethephon a 2000 ppm (imersão de 10 minutos).
- T7 : Giberelinas a 10 ppm (imersão de 5 minutos).
- T8 : Giberelinas a 50 ppm (imersão de 5 minutos).
- T9 : Confinamento em sacos de polietileno lacrados.
(5 sacos com 10 tomates cada um).

T10: Confinamento em sacos de polietileno lacrados depois de receber um fluxo de CO₂ por 1 minuto (5 sacos com 10 tomates cada um).

Todas as soluções receberam 250 ppm do espalhante-adesivo Adecid-C (40% polioxietileno fenol nonil éter). Os frutos foram colocados a temperatura ambiente (23° a 29°C).

Na segunda parte deste estudo foram determinados os efeitos do confinamento em sacos de polietileno e da temperatura no amadurecimento dos frutos de tomate. No dia 16-3-1972, foram aplicados os tratamentos seguintes:

TA: Controle, temperatura ambiente de 23° a 29°C (30 frutos).

TB: Confinamento em sacos de polietileno lacrados, temperatura ambiente, (3 sacos com 10 tomates cada um).

TC: Controle, baixa temperatura de 8° a 11°C (30 frutos).

TD: Confinamento em sacos de polietileno lacrados, baixa temperatura de 8° a 11°C (3 sacos com 10 tomates cada um).

Em ambos os experimentos, o grau de amadurecimento dos tomates foi avaliado mediante a observação visual das mudanças na coloração externa dos frutos intactos que são o resultado da degradação da clorofila e da síntese de licopeno e de carotenóides. Cada fruto recebeu um número de pontos de acordo com a escala seguinte:

coloração verde	= 0 pontos
coloração amarela inicial	= 1 ponto
coloração totalmente rosa	= 2 pontos
coloração totalmente vermelha	= 3 pontos

O total de pontos de cada tratamento foi somado diariamente.

RESULTADOS E CONCLUSÕES

A tabela I mostra que o ethephon induziu um amadurecimento acelerado do tomate. As diferenças entre os frutos tratados com ethephon e os frutos controle, começaram a ser visíveis no 3.º dia e foram particularmente marcantes entre o 5.º e o 8.º dias após o tratamento. O amadurecimento induzido pelo ethephon foi mais rápido e completo, superando ligeiras diferenças na idade fisiológica dos frutos. Não foram encontradas diferenças apreciáveis entre as concentrações de ethephon utilizadas e os tempos de aplicação testados. A concentração de 1000 ppm aplicada durante 1 minuto (T1), foi praticamente tão eficaz como a concentração de 2000 ppm

aplicada durante 10 minutos (T6). O ethephon induziu uma maturação com todas as características do amadurecimento natural, ou seja, degradação da clorofila, síntese de licopeno e carotenóides, e amolecimento, coloração, odor e sabor típico de tomate maduro.

Os frutos tratados com giberelinas (T7, T8), apresentaram um atraso considerável no amadurecimento. Até o 8.º dia após o tratamento, os frutos que receberam as duas concentrações utilizadas (50 e 100 ppm) apresentavam um amadurecimento similar. A partir desse dia, os frutos tratados com a maior concentração tiveram seu amadurecimento mais retardado em comparação aos frutos tratados com a concentração menor. Os tomates tratados com giberelinas apresentaram um amadurecimento irregular, encontrando-se em cada tratamento frutos em vários graus de amadurecimento desde a coloração verde até a coloração vermelha. Alguns frutos tratados com giberelinas não atingiram a coloração totalmente vermelha. Estes resultados mostram que as giberelinas atrasam o amadurecimento dos tomates de uma maneira irregular devido provavelmente a pequenas diferenças de idade fisiológica dos frutos que o regulador do crescimento não conseguiu superar, nas concentrações utilizadas.

As tabelas I e II mostram que os tomates confinados em sacos de polietileno (T9, TB) e colocados a temperatura ambiente (23° a 29°C) tiveram seu amadurecimento consideravelmente retardado em relação ao controle, permanecendo um número considerável de frutos totalmente verdes durante o período de confinamento. Os tomates foram retirados dos sacos de polietileno no 14.º dia (T9) e no 18.º dia (TB) após o confinamento quando se constatou que os sacos tinham sido furados por lagartas saídas dos frutos. Depois de retirados dos sacos de polietileno, os frutos apresentaram um amadurecimento normal.

Os frutos confinados em sacos de polietileno e que receberam um fluxo de CO₂ durante 1 minuto antes de serem lacrados e colocados à temperatura ambiente (T10), mostraram um atraso ainda maior no seu amadurecimento em comparação com os frutos confinados sem receber o fluxo de CO₂. Os tomates foram retirados dos sacos no 14.º dia após o tratamento quando se constatou que os sacos foram furados por lagartas saídas dos frutos. Depois de retirados dos sacos, os frutos apresentaram um amadurecimento normal.

O confinamento de tomates em sacos de polietileno (TD) co-

locados em baixa temperatura (8° a 11°C), praticamente suspendeu o processo de amadurecimento durante 25 dias ao passo que os frutos controle colocados na mesma temperatura apresentavam-se quase totalmente maduros no 25° dia. Depois de retirados dos sacos, os frutos apresentaram um amadurecimento rápido e total e com todas as características da maturação normal no que se refere a consistência, coloração, odor e sabor.

Estes resultados mostram que o aumento na concentração de CO₂ e a diminuição na concentração de O₂ no interior dos sacos de polietileno, resultaram em um atraso, no amadurecimento dos frutos devido provavelmente a uma diminuição na taxa de respiração e a uma inibição da ação do etileno. Quando a modificação da atmosfera no interior dos sacos resultou da respiração dos frutos, o atraso no amadurecimento dos tomates foi consideravelmente menos marcante que o provocado pelo outro tipo de confinamento. A modificação da atmosfera interna nos sacos de polietileno, utilizando um fluxo de CO₂ no início do tratamento, resultou num atraso ao amadurecimento dos frutos mais marcante que no caso anterior. A modificação natural da atmosfera interna dos sacos de polietileno, somada à colocação dos mesmos em baixa temperatura, resultou na maior inibição do amadurecimento dos tomates. A acumulação tanto natural como artificial de CO₂ nos sacos de polietileno não produziu nenhuma injúria nos frutos, o que mostra que o tomate tem uma grande tolerância a altas concentrações de CO₂. Os frutos mostraram também uma grande resistência à fermentação devido provavelmente à concentração relativamente baixa de açúcares no tomate. O fato de que os frutos amadureceram normalmente depois de retirados dos sacos de polietileno demonstra que a alteração da atmosfera externa ao redor dos frutos não modificou os componentes do metabolismo normal dos frutos.

SUMMARY

Mature-green tomato fruits treated by immersion (1,5 & 10 min.) in ethephon solutions (1000 & 2000 ppm) showed an accelerated ripening whereas dipping in gibberellin solutions (50 & 100 ppm) resulted in an irregular delay in ripening. Placing mature-green tomatoes in sealed polyethylene bags resulted in delayed fruit ripening. Flushing the bags with CO₂ before sealing delayed still more the ripening of the fruits. Placing the mature-green tomato fruits in sealed polyethylene bags at low temperature (8° - 11°C) resulted in an almost total inhibition of the ripening process during 25 days. After opening the polyethylene bags, the fruits ripened normally.

LITERATURA CITADA

- AWAD, M. & H. AMENOMORI, 1971 — Efeito das giberelinas no amadurecimento do caqui "Taubaté" (*Diospyros kaki*). **Rev. Agric., Piracicaba** 46: 159-61.
- AWAD, M. & L. T. COMPAGNO, 1973 — Efeito do ácido 2-cloroetilfosfórico (ethephon), das geberelinas e do confinamento em sacos de polietileno no amadurecimento da banana nanica (*Musa sapientum*, L.). **Rev. Agric., Piracicaba** 48: 87-93.
- BURG, S. P. & E. A. BURG, 1967 — Molecular requirements for the biological activity of ethylene. **Plant Physiol.** 42: 144-152.
- CRANE, J. C., N. MAREI & M. M. NELSON, 1970 — Growth and maturation of fig fruits stimulated by 2-chloroethylphosphonic acid. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, 95: 367-370.
- DOSTAL, H. C. & A. C. LEOPOLD, 1967 — Gibberellin delays ripening of tomatoes. **Science** 158: 1579-1580.
- EDGERTON, L. J. & G. D. BLANPIED, 1968 — Regulation of growth and fruit maturation with 2-chloroethane phosphonic acid. **Nature** 219: 1064-1065.
- MURAKAMI, Y., 1961 — The occurrence of gibberellins in mature dry seeds. **Botan. Mag. Tokyo**, 72: 438-442.
- RABINOWITCH, H. D., J. RUDICH & N. KEDAR, 1970 — The effect of ethrel on ripening of tomato and melon fruits. **Israel J. Agric. Res.** 20: 47-54.
- RUSSO JR, L., H. C. DOSTAL, & A. C. LEOPOLD, 1968 — Chemical regulation of fruit ripening. **Bio Science** 18: 109.
- YANG, S. F., 1969 — Ethylene evolution from 2-chloroethylphosphonic acid. **Plant Physiol.** 44: 1203-1204.
- WARNER, H. L. & A. C. LEOPOLD, 1967 — Plant growth regulation by stimulation of ethylene production. **BIOScience** 17: 722.

Tabela I — Efeito do ethephon, das gibberelinas e do confinamento em sacos de polietileno, no amadurecimento do tomate. As cifras indicam o total de pontos de cada tratamento em cada data. O número de pontos máximo possível por tratamento é de 150 pontos. O asterisco (*) indica o dia em que os sacos de polietileno foram abertos
 Datas (Dezembro, 1971)

TRATAMENTOS	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
T ₀	7	10	16	47	58	89	107	117	130	136	139		139								
T ₁	7	11	27	66	86	119	123	138	143	143	143		143								
T ₂	2	7	16	48	69	107	122	139	145	145	145		147								
T ₃	5	11	24	54	80	105	117	136	140	141	142		146								
T ₄	5	13	30	60	87	115	126	138	144	144	150		150								
T ₅	7	12	27	65	85	114	126	137	143	143	150		150								
T ₆	2	11	24	65	88	116	121	138	146	146	146		146								
T ₇	2	8	14	33	38	62	78	95	101	112	125		131	131	131	131					
T ₈	5	11	14	22	30	60	76	98	100	110	116		116	116	116	116					
T ₉	0	0	0	0	3	3	11	29	29	56	63		64	66*	82	101				140	
T ₁₀	0	0	1	5	5	14	15	20	20	29	34		31	36*	71	103				138	

Tabela II — Efeito do confinamento em sacos de polietileno e da temperatura no amadurecimento do tomate. As cifras indicam o total de pontos de cada tratamento em cada data. O número de pontos máximo possível por tratamento é de 90 pontos. O asterisco (*) indica o dia em que os sacos de polietileno foram abertos. Os asteriscos (**) indicam o dia em que os tomates foram transferidos da temperatura baixa para a alta

Março, 1972

Datas

Abril, 1972

TRATAMENTOS	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	T _A	1	2		10	21	30	48	70		86	87	87															
T _B	0	0		0	0	0	0	7		30	45	55						69*	79	89	90							
T _C	0	0		1	1	2	3	3		7	7	8						15	15	16	23	27*			70	83	86	90
T _D	0	0		0	0	0	0	0			0	0	0					0	0	0	0	0*			0	15*	70	90