

FLUTUAÇÃO DO TEOR DE β -CAROTENO E LICOPENO EM TOMATES ARMAZENADOS*

Paulo Gontijo Veloso de Almeida**
Walter Brune
George Henrique Kling de Moraes

1. INTRODUÇÃO

Tomates são apreciados como boa fonte de vitamina A. Realmente, seu teor de provitamina A é considerável. No entanto, o tomate, depois de colhido, facilmente se deteriora dentro de poucos dias de armazenamento. Há, porém, cultivares mais resistentes, entre os quais o cultivar Alcobaça, com posição de destaque. «Os frutos, após longos períodos de armazenamento, ao invés de apodrecerem vão murchando, gradativamente, até que, no final, ficam mumificados» (3). Os frutos do cultivar Alcobaça acusam um decréscimo em peso de apenas 35% durante um período de 6 meses, sem, no entanto, mostrar sinais de apodrecimento, quando convenientemente armazenados (3).

As informações sobre o teor de β -caroteno, a provitamina A mais eficiente, variam notadamente, ainda que na mesma hortaliça (1, 2, 4, 8). Em definido experimento, por exemplo os teores de β -caroteno, em tomates, oscilaram entre 0,1 mg% e valores próximos de 1 mg% durante o amadurecimento (6, 7). Para efeito de comparação, os teores na cenoura variam entre 23 e 135 mg%, e no pimentão, entre 50 e 60 mg% (8).

Em face das informações um tanto díspares da literatura, e diante da escassez de dados sobre a conservação de provitaminas A em tomate, resolvemos conduzir um experimento que medisse o teor de α e β -caroteno durante o armazenamento do fruto maduro. Nesse estudo foi incluída a análise de licopeno, por ser o tomate boa fonte deste pigmento vermelho. Seu teor também interessa para efeito de comparação entre cultivares de cor vermelha e o cultivar Alcobaça, de cor amarela.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Material

Os cultivares analisados, Vitória, São Sebastião e Alcobaça, foram gentilmente cedidos pelo Departamento de Fitotecnia da UFV. Os frutos, quando colhidos, esta-

* Projeto n.º 4.1133 do Conselho de Pesquisa da U.F.V.

Recebido para publicação em 13-10-1976.

** Respectivamente, Professor Assistente, Professor Titular e Professor Assistente do Departamento de Química da U.F.V. Um de nós (W.B.) agradece uma bolsa do CNPq (Processo n.º 1111.5729/76).

vam sãos e maduros e em condição de serem vendidos ao mercado. Em geral, os frutos provinham de pés diferentes. Somente em plantas com elevada produção foram colhidos dois ou até três frutos. A colheita inteira foi feita no intervalo de uma hora.

2.2. Amostragem

Logo depois da colheita, os frutos foram armazenados no Departamento de Química da U.F.V., em local de iluminação fraca e difusa, ficando expostos livremente em uma só mesa, na temperatura ambiente em distribuição casual. A distância entre frutos vizinhos foi de 5 cm, aproximadamente. Evitou-se, com a escolha adequada de sala fechada, a contaminação com gases nocivos.

Os frutos para os ensaios foram tomados ao acaso, dentro do cultivar, porém sempre sãos e turgescerentes. Vale mencionar que o material se conservou são e turgescerente dentro do período em que foi analisado. Muito poucos frutos foram eliminados em tempo hábil, porque apresentavam sinais de apodrecimento. Apenas o cultivar Alcobaca manteve-se são e turgescerente durante os 9 meses de observação. Por ensaio pessoal do primeiro autor, feito aos 9 meses, os tomates não mostraram diferença com relação ao paladar, se bem que parecessem mais claros.

Foram feitos ensaios nos seguintes intervalos, a contar do dia da colheita: 0, 7, 14, 21, 30, 60, 90 e 270 dias. Cada ensaio se compunha de três frutos. De cada fruto foram tiradas 5 calotas, compostas de ecto e mesocarpo, de aproximadamente $3,4 \pm 0,1$ gramas. O peso dos frutos não foi determinado, mas cada calota oscilava entre 3 e 8% do peso do fruto. Três calotas, sempre de frutos diferentes, constituíam uma amostra. Assim, um ensaio integrava 5 amostras. As amostras foram colocadas em copos separados, de modo a dar entre 10 e 10,5 gramas. O peso real foi registrado para o cálculo do teor.

Não foram anotadas as regiões do fruto que deram origem às 5 calotas. Elas, portanto, poderiam provir tanto de região próxima como distante do pedúnculo.

2.3. Método Analítico

Cada amostra foi analisada simultaneamente quanto ao teor de α , β -caroteno e licopeno, conforme já foi preconizado em outra ocasião (1, 5, 9).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Erro Experimental

O Quadro 1 expressa os erros experimentais por seus Coeficientes de Variação (CV). Uma comparação dos CV do quadro indica uma flutuação surpreendentemente elevada. Neste quadro não figuram os dados obtidos com α -caroteno, visto que os seus teores são tão baixos que a distinção entre concentrações, por nossa aparelhagem, era problemática.

Em trabalhos dessa natureza os resultados sofrem o efeito de dois fatores principalmente: erro analítico e heterogeneidade dos teores em cada fruto.

3.1.1. Erro Analítico

O erro analítico pode ser estimado por análises feitas com material homogêneo. Em ocasião recente (5) foram obtidos resultados cujos erros-padrão foram de 4,4 e 7,7 mg% para β -caroteno e licopeno, respectivamente. Como a técnica, os reagentes e um dos analistas não diferiram em relação ao trabalho em apreço, era de se esperar que o erro analítico fosse semelhante. Isto realmente ocorreu para o erro analítico de β -caroteno. Em licopeno foi observado um valor 60% maior. Especificamente, os erros analíticos referentes a β -caroteno e licopeno no presente estudo são de 3,1 e 12,5 mg%, apurados dos 5 e 4 menores valores respectivos.

3.1.2. Heterogeneidade dos Teores de β -caroteno e Licopeno em cada Fruto

Lembramos que neste trabalho os ensaios individuais se compunham de 3 frutos de cada vez. Se bem que o material analisado provenha sempre da parte periférica, não fizemos distinção entre regiões no fruto. Assim, é de se admitir que os teores variem em função da região, participando com resultados diferentes.

QUADRO 1 - Coeficientes de variação das determinações de β -caroteno e licopeno em tomate

Tempo (dias)	β -c a r o t e n o							
	0	7	14	21	30	60	90	270
São Sebastião	3,4	12,4						
Vitória	13,5	9,7						
Alcobaça	9,0	5,2	16,6	18,5	20,5	4,3	16,5	2,4
Tempo (dias)	L i c o p e n o							
	0	7	14	21	30	60	90	270
São Sebastião	13,8	15,9						
Vitória	14,8	10,5						
Alcobaça	6,6	10,4	9,3	15,4	28,1	25,9	10,1	39,4

Em face ainda dos dados do Quadro 1 e das deduções desenvolvidas no tópico 3.1.1., depreendemos:

a) Os menores CV não se relacionam com o tempo de observação, tão pouco com os teores. Então, as amostras, nos casos de menores CV, podem ser consideradas homogêneas.

b) Os maiores CV incluem, além do erro analítico, heterogeneidade elevada em cada fruto.

c) Os valores dos CV refletem, portanto, a heterogeneidade dos frutos. Para poder distinguir a heterogeneidade do erro analítico foram consideradas as variâncias dos ensaios. A heterogeneidade foi definida da seguinte maneira:

Variância de Heterogeneidade = Variação do Erro Experimental — Variância do Erro Analítico.

O Quadro 2 apresenta os resultados.

QUADRO 2 - Estimativa da heterogeneidade dos frutos, em relação a teores, de β -caroteno e licopeno, em mg%

	Erro experi- mental máximo	Erro analítico	Heteroge- neidade
β -caroteno	10,9	3,1	10,3
Licopeno	112,7	12,5	112,0

3.2. Variação dos Teores de β -caroteno e Licopeno Conforme o Cultivar

O Quadro 3 expõe os teores de β -caroteno e Licopeno dos cultivares analisados.

QUADRO 3 - Teores de β -caroteno e licopeno de três cultivares em função do tempo de armazenamento

Tempo (dias)	0	7	14	21	30	60	90	270
β - Caroteno (mg %)								
São Sebastião	54,9 \pm 1,9	75,3 \pm 9,4						
Vitória	58,1 \pm 7,8	78,8 \pm 7,6						
Alcobaça	49,3 \pm 4,4	74,3 \pm 3,9	50,3 \pm 8,4	41,2 \pm 7,6	53,1 \pm 10,9	103,8 \pm 4,4	63,7 \pm 10,5	42,4 \pm 1,0
Média	54,1 \pm 4,7	76,1 \pm 7,0						
Licopeno (mg %)								
Tempo (dias)	0	7	14	21	30	60	90	270
São Sebastião	358,4 \pm 49,4	710,4 \pm 112,7						
Vitória	279,6 \pm 41,4	202,2 \pm 21,3						
Alcobaça	155,6 \pm 10,3	202,3 \pm 21,0	187,8 \pm 17,4	140,9 \pm 21,7	131,6 \pm 37,0	178,5 \pm 46,3	168,2 \pm 16,9	16,7 \pm 6,6

3.2.1. Comparação entre Cultivares

De início percebemos que somente o cultivar Alcobaça pôde ser observado além de uma semana, graças à sua capacidade de manter sua turgescência e resistência contra agentes de deterioração. Assim sendo, a comparação entre cultivares abrange o período relativamente curto de 7 dias. Nesse intervalo foi observado:

β -caroteno: Este pigmento acusa um valor médio entre cultivares de 54 mg%, aumentando, durante 7 dias, para 76 mg%, mas os teores individuais não permitem fazer qualquer distinção entre os cultivares observados. Entretanto, o intervalo de 7 dias causa um aumento significativo de 41%, para os tomates, em todos os três cultivares. Outra vez os resultados individuais do 7º dia não revelam diferenças entre cultivares.

Licopeno: Os três cultivares se distinguem significativamente no dia da colheita. Ainda, dentro de 7 dias os cultivares sofreram alterações marcantes e individuais, a saber:

- a) Há distinção altamente significativa nos teores entre cultivares.
- b) Os cultivares respondem ao armazenamento, ora com aumento, ora com diminuição, conforme apontado no Quadro 4.

QUADRO 4 - Variações relativas dos teores de licopeno

Cultivar	Δ^*	Variação relativa
São Sebastião	352,0	98,2 %
Vitória	-77,4	-27,7 %
Alcobaça	46,7	30,0 %

*) Δ = Teor no 7º dia - teor na colheita.

3.2.2. Correlação entre Teores de β -caroteno e Licopeno

Pelas variações dos teores de β -caroteno e licopeno, conforme registrado no Quadro 5, não conseguimos apurar qualquer correlação entre os teores dos dois compostos. Os dados sugerem que os teores são controlados por fatores independentes.

3.3. Variação dos Teores Conforme o Tempo

Para estudar o efeito do tempo, é recomendável obter dados durante longo período de observação. Por esta razão, somente o cultivar Alcobaça pôde ser considerado.

O material analisado de tempo em tempo rendeu as informações das Figuras 1 e 2.

3.3.1. β -caroteno: Percebemos variações nítidas do teor, com as seguintes características: Durante os 9 meses de observação evidenciamos dois períodos, um de 20 e outro de 250 dias, aproximadamente, com amplitude de 33 e 60 mg%, respectivamente (Figura 1). Para a confirmação estatística, valores vizinhos foram comparados entre si, dando os resultados do Quadro 6.

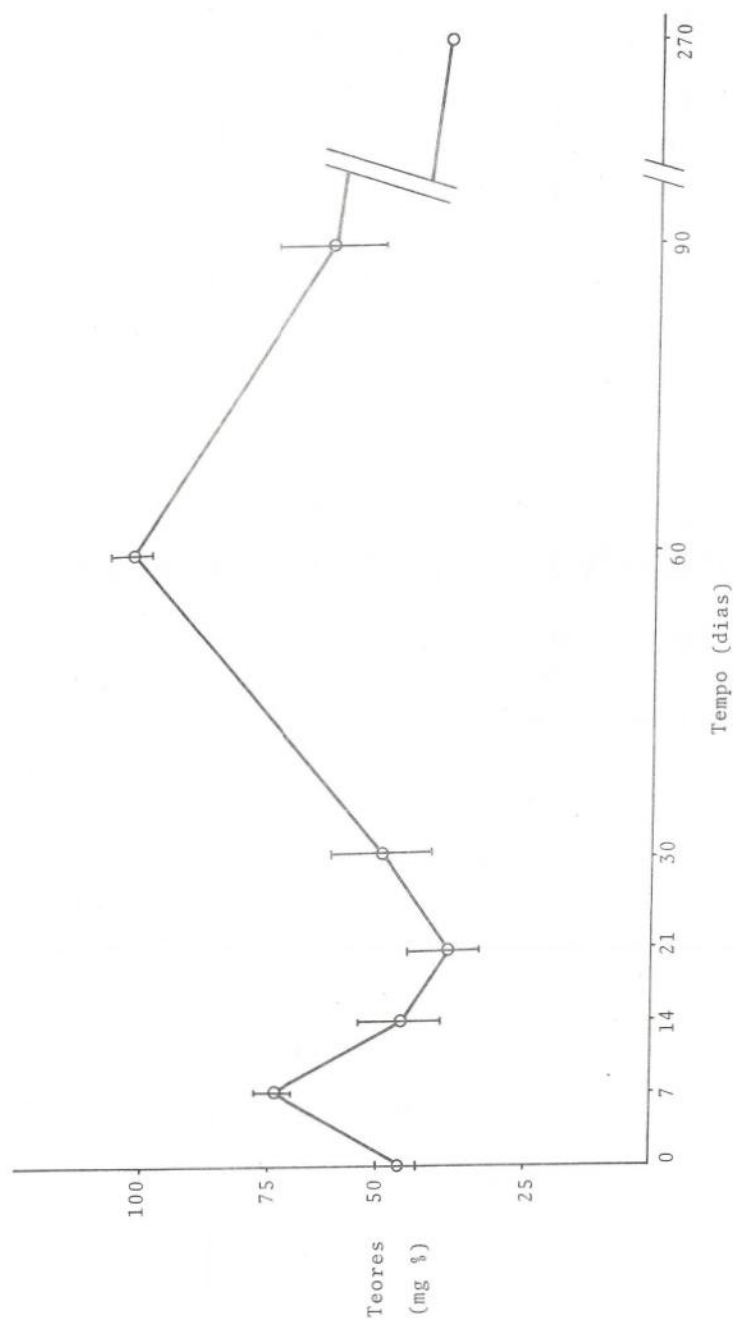
Somente um dos intervalos, o do 14º ao 21º dia, não revela resultado significati-

QUADRO 5 - Variação dos teores (em %) de β -caroteno e licopeno em função de períodos de armazenagem

Intervalo (dias)	0 - 7	7 - 14	14 - 21	21 - 30	30 - 60	60 - 90
São Sebastião: β -caroteno	40,1**					
Licopeno	98,2**					
Vitória β -caroteno	40,1**					
Licopeno	-27,7**					
Alcobaça β -caroteno	40,1**	2,0	-16,4	7,7	110,5**	29,2**
Licopeno	30,0**	20,7*	-9,4	15,4	14,7	8,1

** significativo, ao nível de 1%.

* significativo, ao nível de 5%.

FIGURA 1 - Teores de β -caroteno no cultivar Alcobaça em função do armazenamento

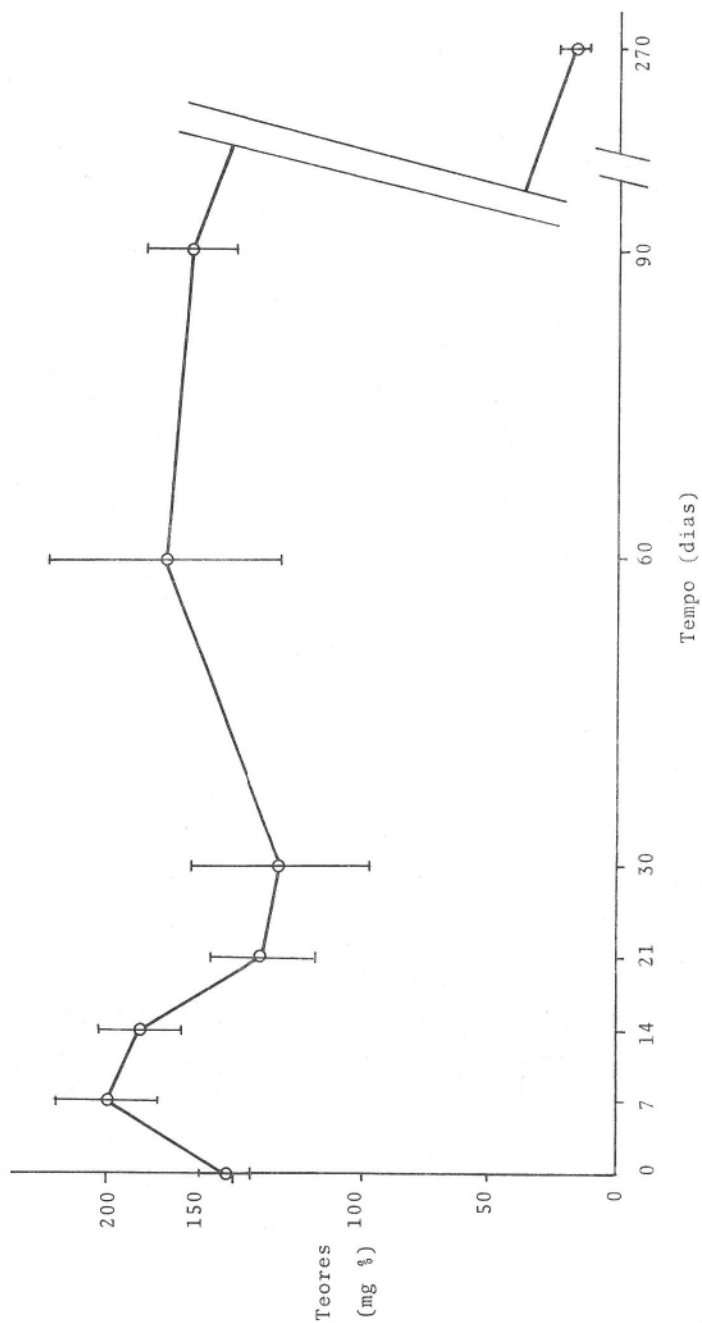


FIGURA 2 - Teores de licopeno no cultivar alcobaça em função do armazenamento

QUADRO 6 - Significância entre intervalos de medição dos teores de β -caroteno e licopeno no cultivar Alcobaça

Intervalos (dias)	β - Caroteno					
	0 a 7	7 a 14	14 a 21	21 a 30	30 a 60	60 a 90
Diferenças (mg%)	25,0 \pm 2,6	-24,0 \pm 4,1	-9,1 \pm 5,1	11,9 \pm 5,9	50,7 \pm 5,3	-40,1 \pm 5,1
Significância*	alta	alta	não	baixa	alta	alta
		7 a 21				
		-35,1 \pm 2,92				
		alta				
Licopeno						
Intervalos (dias)	0 a 7	7 a 14	14 a 21	21 a 30	30 a 60	60 a 90
Diferenças (mg%)	46,7 \pm 10,5	-14,5 \pm 12,2	-46,9 \pm 12,4	-9,3 \pm 19,2	46,9 \pm 26,5	-10,3 \pm 22,0
Significância*	alta	não	alta	não	não	alta
					30 a 90	
					+36,6 \pm 15,4	
					baixa	

*Probabilidade casual

Alta: < 1%

baixa: entre 1 e 5%

não: acima de 5%

vo. Porém, não há dúvida de que se trata de região de valor mínimo em face dos valores do intervalo de 7 a 21 dias. O ensaio ainda deixa aberta a possibilidade da existência de outros valores máximos e mínimos, ocultos em razão dos grandes espaçamentos entre as épocas de análise. As medições até os 90 dias, entretanto, tornam esta hipótese pouco provável, pois o primeiro período de 21 dias daria, se se mantivesse constante, um terceiro valor *mínimo* aos 63 dias, e não valor *máximo* aos 60 dias, tal como observado.

3.3.2. Licopeno

Semelhantemente ao β -caroteno, verificamos neste constituinte variações do teor com as seguintes características:

Dentro do tempo de 9 meses os frutos perdem esse pigmento quase completamente. Em consequência, o valor aos 270 dias não foi considerado para as deduções que se seguem (Figura 2).

Observamos periodicidade acentuada: um primeiro período, com fase provavelmente de 21 a 30 dias. Os teores sugerem a existência de um segundo período bem mais longo que o primeiro, cuja amplitude corresponde a 65% do primeiro período. A fim de decidir se os valores representam diferenças legítimas, valores vizinhos foram comparados entre si, analogamente ao que foi feito com β -caroteno (Quadro 6). A maior parte dos valores, em razão do erro experimental elevado, não é significativamente diferente de seu vizinho próximo. Mesmo assim, há algumas diferenças seguras, das quais deduzimos: há um aumento no período de zero a 7 dias; há ainda um decréscimo entre o 14.^o dia e o 21.^o dia e há, enfim, outro aumento entre o 30.^o e o 90.^o dia. Fica assim patente que também em licopeno se registram oscilações periódicas do teor.

3.3.3. Comparação entre β -caroteno e Licopeno

Há analogias inesperadas entre os teores dos dois componentes em estudo, conforme registrado na Figura 3. Durante o armazenamento os teores aumentam no início e oscilam, em seguida, com fases próprias. Em ambos os casos as fases provavelmente aumentam com o tempo pós-colheita. A amplitude dos dois períodos ora aumenta (em β -caroteno), ora diminui (em licopeno). Em β -caroteno o fruto mantém teor próximo do nível inicial, sem considerar as oscilações. Não percebemos destruição durante os 9 meses de observação. Bem ao contrário, os frutos tendem a perder sensivelmente seu licopeno depois de armazenados por 90 dias.

4. CONCLUSÕES

O cultivar Alcobaça, como era de se esperar, apresentou resistência bem maior contra a deterioração que os cultivares São Sebastião e Vitória. Ele se manteve são e turgente durante 9 meses, enquanto os outros dois cultivares apenas se conservaram por 1 semana.

No curto período de sete dias os três cultivares apresentaram teores e aumentos indistinguíveis de β -caroteno.

O teor inicial de licopeno, nos cultivares vermelhos, São Sebastião e Vitória, era bem superior ao do Alcobaça, amarelo. Ainda percebemos aumento (São Sebastião e Alcobaça) e diminuição (Vitória) significativos dentro do intervalo de 7 dias.

O cultivar Alcobaça atingiu um teor máximo de β -caroteno e licopeno 7 dias depois de colhido. A seguir, percorreu valor mínimo entre o 14.^o e o 21.^o dia e alcançou outro máximo aos 60 dias. Depois de 90 dias seu teor de β -caroteno caiu para valor próximo do inicial, enquanto o nível de licopeno, neste intervalo, diminuiu para 10% do inicial, caindo de 156 para 17 mg%. O tomate Alcobaça mantém, pois, seu valor nutritivo, no que se refere à Vitamina A, durante longo período de armazenamento.

Os dados observados sugerem uma distribuição acentuadamente desigual dos teores de β -caroteno e licopeno no ecto e mesocarpo do fruto armazenado.

5. RESUMO

Os frutos de três cultivares de tomate foram armazenados em local de ilumina-

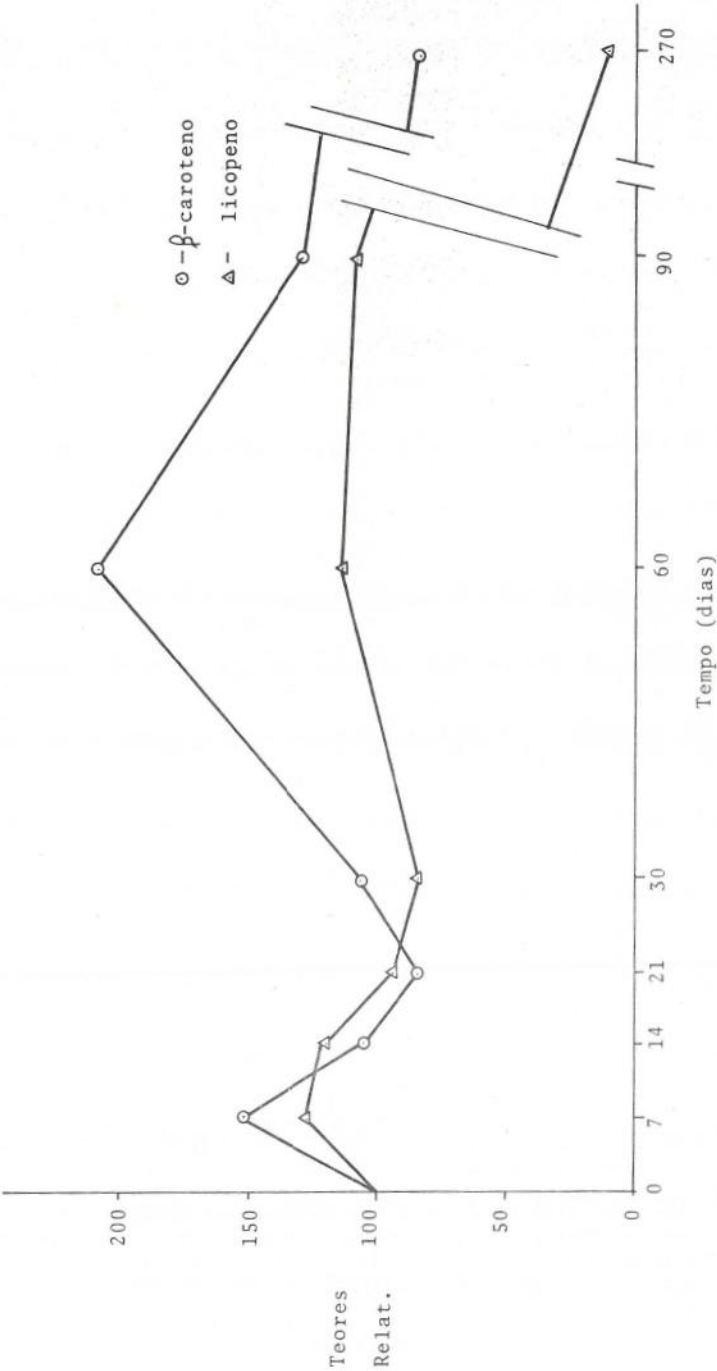


FIGURA 3 - Teores relativos do β -caroteno e do licopeno

ção fraca e difusa, na temperatura ambiente. Seus teores de α , β -caroteno e licopeno foram analisados de tempo em tempo.

Os teores em α -caroteno, em todos os ensaios, foram tão baixos, que o método aqui aplicado só acusou 'traços'.

O cultivar Alcobaça comprovou ser notadamente superior aos outros cultivares aqui analisados, São Sebastião e Vitória, por seu fácil armazenamento durante o longo período de 9 meses.

Admite-se uma distribuição desuniforme de β -caroteno e licopeno no fruto.

— Os três cultivares não se distinguiram quanto ao teor de β -caroteno, quer no dia da colheita quer depois de armazenados durante 7 dias.

Os três cultivares se distinguiram acentuadamente quanto ao teor de licopeno, tanto no dia da colheita como após 7 dias de armazenamento.

O cultivar Alcobaça apresentou dois períodos, sendo o primeiro de 20 dias e o segundo de 250 dias, tanto para o teor de β -caroteno como de licopeno.

O cultivar Alcobaça conservou seu teor de β -caroteno durante a armazenagem de 9 meses. Neste mesmo período, este cultivar perdeu 90% do teor de licopeno.

6. SUMMARY

Tomatoes were stored, protected against strong illumination and oscillations of temperature and analysed periodically for their contents of α and β -carotene and lycopene.

All samples of tomato showed extremely low α -carotene levels — tests showing only traces — so this component was not considered further.

The cultivar 'Alcobaça' was by far superior to the other two cultivars studied, 'São Sebastião' and 'Vitória', in maintaining shape and resistance to rotting during the nine-months experimental period.

There was pronounced heterogeneity in the β -carotene and lycopene contents of the fruits.

The three cultivars showed no difference in their β -carotene levels neither the day the fruits were harvested nor during a week of storage.

There were remarkable differences in lycopene levels of fruits of the same cultivar both on the day of harvest and after a week's storage.

Stored 'Alcobaça' tomatoes oscillated both in their β -carotene and their lycopene contents, thus revealing one pattern during the first 20 days ('first period') and a second one during the remaining 250 days ('second period').

The cultivar 'Alcobaça' maintained its β -carotene level during the nine months, unlike the lycopene level, which, under the same conditions, fell to 10% of its initial value.

7. LITERATURA CITADA

1. GOODWIN, T.W. Carotenoids. Em: Paech, K. e Tracey, M.V. (eds.) — *Moderne Methoden der Pflanzenanalyse*. Berlin. Springer Verlag, 1955. Vol. 3, p. 272-311.
2. GOODWIN, T.W. Carotenoids and Flavonoids. Em: Gray, P. (ed.) — *The encyclopedia of the biological sciences*. 2.^a ed. — V. Nostrand Reinhold Corp., N.Y. 1970. p. 145.
3. LEAL, N.R. & MIZUBUTI, A. Herança da conservação natural pós-colheita de frutos de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Experientiae*, 19(11):239-257. 1975.
4. LONG, C. (ed.) *Biochemist's handbook*. E. e F.N. Spon Ltd, London, 1961. p. 1115.

5. MORAES, G.H.K.; BRUNE, W. & CAMBRAIA, J. Uma técnica para avaliação de α e β -caroteno e licopeno em material vegetal. *Rev. Ceres* 21(113):63-72. 1974.
6. SALUNKHE, D.K. & WU, M.T. Effects of low oxygen atmosphere storage on ripening and associated biochemical changes of tomato fruits. *J. Am. Hort. Sci.*, 98(1):12-14. 1973.
7. WU, M.T.; JADHAV, S.J. & SALUNKHE, D.K. — Effects of sub-atmospheric pressure storage on ripening of tomato fruits. *J. Food Sci.* 37:952-956. 1972.
8. ZECHMEISTER, L. — Carotinoide höherer Pflanzen (Polyenfarbstoffe) em: Klein, G. (ed.) *Handbuch der Pflanzenanalyse*. Wien, Verlag Julius Springer, 1932. Vol. 3 p. 1239-1350.
9. ZECHMEISTER L. & CHOLNOKY L. — *Principles and Practice of Chromatography*. London, Chapman e Hall Ltd., 1950. 361 p.