

JOSANE MARIA RESENDE

**QUALIDADE PÓS - COLHEITA DE DEZ GENÓTIPOS DE
TOMATE DO GRUPO MULTILOCULAR**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do curso de Pós-Graduação em
Ciência dos Alimentos, para obtenção do grau de «Mestre»

Orientador

Prof.^a Maria Isabel Fernandes Chitarra

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL

1995

**Ficha Catalográfica Preparada Pela Seção de Classificação e
Catalogação da Biblioteca Central da UFLA**

Resende, Josane Maria

Qualidade pós-colheita de dez genótipos de tomate do grupo
Multilocular / Josane Maria Resende. –
Lavras : UFLA, 1995.

88 p. : il.

Orientador: Maria Isabel Fernandes Chitarra.

Dissertação (Mestrado) - UFLA,
Bibliografia.

1. Tomate - Grupo multilocular - Híbridos F₁ - Qualidade pós-colheita.
2. Genótipo. 3. Melhoramento genético. 4. Fisiologia pós-colheita. 5.
Conservação pós-colheita. 6. Atividade de enzimas PME e PG. I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

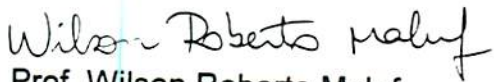
CDD-664.805642

JOSANE MARIA RESENDE

QUALIDADE PÓS - COLHEITA DE DEZ GENÓTIPOS DE TOMATE DO GRUPO MULTILOCULAR

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do curso de Pós-Graduação em
Ciência dos Alimentos, para obtenção do grau de «Mestre»

APROVADA em 24 de Novembro de 1995


Prof. Wilson Roberto Maluf
(Co-orientador)


Prof. Admilson Bosco Chitarra


Prof.^a Maria Isabel Fernandes Chitarra
(Orientador)

À meu esposo Orivaldo
À meus filhos, Daniel e André
Aos meus pais Daniel e Nilza
DEDICO.

"Onde está você
Em que sala azul dorme sua mente?
Por que inconsciente
Seu olhar navega
Pálido e cego, dentro deste rio?
Preciso lhe falar, preciso,
Das novas descobertas que tenho feito
Enquanto sua alma encobre o negro manto
E me olha assim, como se nada visse
A ciência vencerá
Eu creio no mundo
Creio no sol e na sua rota
Nos homens que se abraçam
Nas crianças futuras
Nos mágicos e nas lendas
Creio em Deus e no mundo
Creio em você, sobretudo."

Denise Emmer

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida e pela simplicidade com que a natureza nos ensina a viver.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e em especial ao Departamento de Ciência dos Alimentos, pela oportunidade concedida.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa.

Aos professores Maria Isabel Fernandes Chitarra e Wilson Roberto Maluf pela orientação, amizade e contribuição para minha formação profissional, através dos ensinamentos transmitidos.

Aos professores, funcionários e colegas do Departamento de Ciências dos Alimentos, a Andréa, Jorge e Rogério pela colaboração durante as análises.

Em especial a Eduardo, Urquiza pelo carinho, compreensão, apoio e sobretudo amizade.

Ao Orivaldo pela dedicação, apoio e compreensão durante os momentos difíceis, aos meus filhos Daniel e André pelo carinho, aos meus irmãos Francisco, Nilton, Luciane e Juliano pelo apoio e amizade.

À todos, que contribuíram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
RESUMO	x
SUMMARY	xii
1 INTRODUÇÃO	01
2 REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1 Generalidades	03
2.2 Melhoramento genético do fruto do tomateiro visando melhor conservação pós-colheita.....	04
2.3 Características do fruto	08
2.3.1 Características físicas.....	08
2.3.2 Características físico-químicas, químicas e bioquímicas	11

3 MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.1 Obtenção dos híbridos F_1 e caracterização dos progenitores	29
3.2 Cultivo, colheita e seleção do frutos	31
3.3 Análises laboratoriais	33
3.3.1 Avaliações físicas.....	33
3.3.2 Avaliações físico-químicas e químicas.....	34
3.3.3 Avaliações bioquímicas.....	35
3.4 Análises estatísticas.....	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
4.1 Características físicas.....	37
4.2 Características físico-químicas e químicas.....	45
4.3 Características bioquímicas.....	60
4.3.1 Pectinametilesterase (PME).....	60
4.3.2 Poligalacturonase (PG).....	64
5 CONCLUSÕES.....	69
6 SUGESTÕES.....	71
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
01 Precipitações referente ao ano de 1992. Dados fornecidos pela estação de bioclimatologia do Departamento de Biologia da UFLA.....	28
02 Constituição genotípica dos tratamentos relativamente aos locos alcobaça, crimson e high pigment.....	31
03 Descrição dos estádios de maturação de tomates, adaptada de Pratt e Workman (1962).....	33
04 Peso, diâmetros longitudinal e transversal de híbridos de tomates do grupo Multilocular. UFLA/ DCA, Lavras-MG, 1995.....	38
05 Sólidos solúveis totais (SST) e relação SST/ATT de híbridos de tomates do grupo Multilocular. UFLA/ DCA, Lavras-MG, 1995.....	49
06 Relações entre pectina solúvel e outras variáveis avaliadas em híbridos de tomate do grupo Multilocular UFLA/ DCA, Lavras- MG, 1995.....	59

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
01 Regressão linear e coeficiente de correlação entre peso e diâmetros longitudinal (A) e transversal (B) de híbridos F_1 de tomate do grupo Multilocular. **: correlação significativa a 1% pelo teste t de Student.....	39
02 Valores médios para Número de lóculos (A), espessura da polpa (B) e Textura (C) de híbridos F_1 de tomate do grupo Multilocular no estágio de maturação vermelho maduro. H1: F_1 (BPX 308B hv x BPX 127H); H2: F_1 (BPX 308B hv x BPX 105H); H3: F_1 (BPX 308B hv x Stevens); H4: F_1 (BPX 308B hv x Rotam-4); H5: F_1 (BPX 308B hv x BHRS-2-3); H6: F_1 (BPX 308B hv x Flórida 1B); H7: F_1 (BPX 308B hv x Tropicana); H8: F_1 (BPX 308B hv x Piedmont); L.T.: Linhagem Tropicana (op); O.F.: Híbrido F_1 Ogata Fukuju. Barras com letras iguais: as médias não diferem pelo teste de Duncan a 5%.....	41
03 Regressão linear e coeficiente de correlação entre Espessura da polpa e Número de lóculos (A) e Textura (B) e entre Textura e número de lóculos (C) em híbridos F_1 de tomate grupo Multilocular no estágio de maturação vermelho maduro. **: correlação significativa a 1% pelo teste t de Student.....	43
04 Valores médios para Acidez titulável-ATT.(A) e pH (B) de F_1 híbridos de tomate do grupo Multilocular no estágio de maturação vermelho maduro. H1: F_1 (BPX 308B hv x BPX 127H); H2: F_1 (BPX 308B hv x BPX 105H); H3: F_1 (BPX 308B hv x Stevens); H4: F_1 (BPX 308B hv x Rotam-4); H5: F_1 (BPX 308B hv x BHRS-2-3); H6: F_1 (BPX 308B hv x Flórida 1B); H7: F_1 (BPX 308B hv x Tropicana); H8: F_1 (BPX 308B hv x Piedmont); L.T.: Linhagem Tropicana (op); O.F.: Híbrido F_1 Ogata Fukuju. Barras com letras iguais: as médias não diferem pelo teste de Duncan a 5%.....	46

- 05 Regressão linear e correlação entre pH e ATT de híbridos F_1 de tomate do grupo Multilocular. **: correlação significativa a 1% pelo teste t de Student..... 48
- 06 Teores médios de Açúcares totais em híbridos F_1 de tomate do grupo Multilocular no estágio de maturação vermelho maduro. H1: F_1 (BPX 308B hv x BPX 127H); H2: F_1 (BPX 308B hv x BPX 105H); H3: F_1 (BPX 308B hv x Stevens); H4: F_1 (BPX 308B hv x Rotam-4); H5: F_1 (BPX 308B hv x BHRS-2-3); H6: F_1 (BPX 308B hv x Flórida 1B); H7: F_1 (BPX 308B hv x Tropicana); H8: F_1 (BPX 308B hv x Piedmont); L.T.: Linhagem Tropicana (op); O.F.: Híbrido F_1 Ogata Fukuju. Barras com letras iguais: as médias não diferem pelo teste de Duncan a 5%..... 51
- 07 Teores médios de Vitamina C em híbridos F_1 de tomate do grupo Multilocular no estágio de maturação vermelho maduro. H1: F_1 (BPX 308B hv x BPX 127H); H2: F_1 (BPX 308B hv x BPX 105H); H3: F_1 (BPX 308B hv x Stevens); H4: F_1 (BPX 308B hv x Rotam-4); H5: F_1 (BPX 308B hv x BHRS-2-3); H6: F_1 (BPX 308B hv x Flórida 1B); H7: F_1 (BPX 308B hv x Tropicana); H8: F_1 (BPX 308B hv x Piedmont); L.T.: Linhagem Tropicana (op); O.F.: Híbrido F_1 Ogata Fukuju. Barras com letras iguais: as médias não diferem pelo teste de Duncan a 5%..... 53
- 08 Valores médios do teor de Licopeno em híbridos F_1 de tomate do grupo Multilocular no estágio de maturação vermelho maduro. H1: F_1 (BPX 308B hv x BPX 127H); H2: F_1 (BPX 308B hv x BPX 105H); H3: F_1 (BPX 308B hv x Stevens); H4: F_1 (BPX 308B hv x Rotam-4); H5: F_1 (BPX 308B hv x BHRS-2-3); H6: F_1 (BPX 308B hv x Flórida 1B); H7: F_1 (BPX 308B hv x Tropicana); H8: F_1 (BPX 308B hv x Piedmont); L.T.: Linhagem Tropicana (op); O.F.: Híbrido F_1 Ogata Fukuju. Barras com letras iguais: as médias não diferem pelo teste de Duncan a 5%..... 55
- 09 Valores médios para Pectina total (A), Pectina solúvel (B) e Relação pectina solúvel/pectina total (C) em híbridos F_1 de tomate do grupo Multilocular no estágio de maturação vermelho maduro. H1: F_1 (BPX 308B hv x BPX 127H); H2: F_1 (BPX 308B hv x BPX 105H); H3: F_1 (BPX 308B hv x Stevens); H4: F_1 (BPX 308B hv x Rotam-4); H5: F_1 (BPX 308B hv x BHRS-2-3); H6: F_1 (BPX 308B hv x Flórida 1B); H7: F_1 (BPX 308B hv x Tropicana); H8: F_1 (BPX 308B hv x Piedmont); L.T.: Linhagem Tropicana (op); O.F.: Híbrido F_1 Ogata Fukuju. Barras com letras iguais: as médias não diferem pelo teste de Duncan a 5%..... 57

- 10 Atividade de PME nos estádios de maturação Verde-maturo (VM); "Breaker" (BR); Maduro (VE) e Vermelho-maturo (RR) de híbridos F_1 de tomate Multilocular. H1: F_1 (BPX 308B hv x BPX 127H); H2: F_1 (BPX 308B hv x BPX 105H); H3: F_1 (BPX 308B hv x Stevens); H4: F_1 (BPX 308B hv x Rotam-4); H5: F_1 (BPX 308B hv x BHRS-2-3); H6: F_1 (BPX 308B hv x Flórida 1B); H7: F_1 (BPX 308B hv x Tropicana); H8: F_1 (BPX 308B hv x Piedmont); L.T.: Linhagem Tropicana (op); O.F.: Híbrido F_1 Ogata Fukuju. As letras comparam os híbridos dentro do estágio "Breaker", sendo que com letras iguais estes não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%..... 61
- 11 Regressão linear e coeficiente de correlação entre a atividade da enzima PME em híbridos F_1 de tomate Multilocular no estágio de maturação "Breaker" e a concentração de pectina solúvel (A) e textura (B) em frutos no estágio de maturação vermelho maduro. O.F.: Híbrido F_1 Ogata Fukuju, excluído da estimativa por apresentar comportamento distinto em relação aos demais. **: correlação significativa ao nível de 1% pelo teste t de Student..... 63
- 12 Atividade de PG nos estádios de maturação Verde-maturo (VM); "Breaker" (BR); Maduro (VE) e Vermelho-maturo (RR) em híbridos F_1 de tomate Multilocular. H1: F_1 (BPX 308B hv x BPX 127H); H2: F_1 (BPX 308B hv x BPX 105H); H3: F_1 (BPX 308B hv x Stevens); H4: F_1 (BPX 308B hv x Rotam-4); H5: F_1 (BPX 308B hv x BHRS-2-3); H6: F_1 (BPX 308B hv x Flórida 1B); H7: F_1 (BPX 308B hv x Tropicana); H8: F_1 (BPX 308B hv x Piedmont); L.T.: Linhagem Tropicana (op); O.F.: Híbrido F_1 Ogata Fukuju. As letras comparam os híbridos dentro do estágio "Breaker", sendo que com letras iguais estes não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%..... 65
- 13 Regressão linear e coeficiente de correlação entre a textura de híbridos F_1 de tomate Multilocular e atividade da PG nos estádios de maturação "Breaker" (A) e Verde-maturo (B). **: correlação significativa ao nível de 1% pelo teste t de Student..... 67

RESUMO

RESENDE, Josane Maria. Qualidade pós - colheita de dez genótipos de tomate do grupo Multilocular. Lavras: UFLA, 1995. (Dissertação-Mestrado em Ciência dos Alimentos)*.

Este trabalho teve por objetivo caracterizar quanto à qualidade, oito híbridos F₁ de tomate do grupo Multilocular, obtidos com o progenitor comum (linhagem, macho estéril, BPX-308B- hv) em relação a duas cultivares comerciais. Genótipos de tomate do grupo Multilocular foram colhidos no estágio verde maduro, e colocados a amadurecer em recinto com umidade relativa de 85 a 90% e temperatura ambiente de 20° C ± 2 até atingirem o estágio vermelho maduro. No decorrer do armazenamento foram retiradas amostras para determinação de atividades das enzimas PME (pectinametilesterase) e PG (poligalacturonase) nos estádios verde maduro, "breaker", maduro e vermelho maduro, as demais variáveis (físicas, físico-químicas e químicas) foram avaliadas somente quando as cultivares atingiram o estágio vermelho maduro, procurando indicar as cultivares que apresentaram melhores características para o consumo *in natura*. O cruzamento entre diferentes linhagens e ou variedades permitiu a produção de novas cultivares híbridas de tomate com mudanças úteis nas características de qualidade tais como textura, cor, "flavor", valor nutricional e aumento na vida de prateleira, propiciando maiores condições para manuseio, transporte e

*Orientador: Prof^a. Maria Isabel Fernandes Chitarra. Membros da banca: Prof. Wilson Roberto Maluf e Prof. Adimilson Bosco Chitarra.

consequentemente, colheita próxima ao estágio de maturação maduro, promovendo assim melhor “flavor” e valor nutricional dos frutos. Dentre os genótipos avaliados, três híbridos, [F_1 (BPX 308B hv x Stevens), F_1 (BPX 308B hv x Piedmont) e F_1 (BPX 308B hv x BPX-127H)] sobressaíram-se com melhores características para o consumo *in natura*. O locus *alcobaça* presente em heterozigose no híbrido F_1 (BPX 308B hv x BPX-127H), promoveu aumento na firmeza do fruto, redução no teor de pectina solúvel e da relação pectina solúvel/pectina total, redução na atividade de PME (mas não na atividade de PG) no estágio “breaker”, não parecendo ter efeitos deletérios sobre a qualidade dos frutos. Portanto o gene *alc* em heterozigose pode ser uma alternativa viável para o melhoramento genético do tomate visando a melhor conservação pós-colheita. Embora o híbrido F_1 (BPX 308B hv x Stevens) tenha sido superior ao F_1 (BPX 308B hv x Piedmont) em algumas características avaliadas, visualmente o híbrido F_1 (BPX 308B hv x Piedmont) mostrou-se mais atrativo pela forma e coloração uniforme do fruto, sem manchas mais claras no pericarpo durante a maturação.

SUMMARY

RESENDE, Josane Maria. Post - harvest quality of ten genotypes of multilocular tomato. Lavras: UFLA, 1995. (Dissertation Master of Science in Food Science)*

The objective of this work was to evaluate pos-harvest quality attributes of eight F_1 hybrids Multilocular tomato (with the common female parent) relatively to two commercial checks. Tomato genotypes, were harvested at the mature green stage and put to ripe in a room with relative humidity of 85 to 90% and temperature of $20^\circ \text{C} \pm 2$ until they reached the ripe red stage. Over the storage period, samples were taken to determine activities of the enzymes PME (pectinmethylesterase) and PG (polygalacturonase) in the mature green, breaker, ripe and ripe red stages. The other physical, physico-chemical and chemical evaluations were evaluated only when the cultivars reached the ripe red stage. Seeking to indicate the cultivars which showed the best characteristics for consumption in natura. The crossing among different lines and/or varieties enabled the production of new hybrids cultivars of tomato with improved quality characteristics such as texture, color, flavor, nutritional value, increase in shelf life, affording best conditions for handling, transportation, and hence harvest close to the ripe maturation stage, affording, thus, improved flavor and nutritional quality of fruit. Among the genotypes evaluated, three hybrids, [F_1 (BPX 308B hv x Stevens), F_1 (BPX 308B hv x Piedmont) e F_1 (BPX 308B hv x BPX-127H)], stood out with best characteristics for consumption in natura. The *alcobaça* locus present in heterozygosis

*Adviser: Prof^a . Maria Isabel Fernandes Chitarra. Members of the examining board: Prof. Wilson Roberto Maluf e Prof. Adimilson Bosco Chitarra.

in the hybrid F_1 (BPX 308B hv x BPX-127H) promoted increase in fruit firmness, reduction in the soluble pectin content and the soluble pectin/total pectin ratio, reduction of the PME activity (but not in the PG activity) at the breaker stage, and did not appear to have any deleterious effects upon the quality of fruit. So, the *alc* gene at heterozygosis can be a feasible alternative to the breeding tomatoes for improved post-harvest conservation. Although, the hybrids F_1 (BPX 308B hv x Stevens) have been superior to the F_1 (BPX 308B hv x Piedmont) in some characteristics evaluated, visually the hybrids F_1 (BPX 308B hv x Piedmont) proved to be more attractive by both shape and uniform in coloration of the fruit, without lighter spots on the pericarp during maturation.

1 INTRODUÇÃO

O tomateiro, entre as culturas olerícolas, é a que apresenta produção e utilização mais difundida no mundo, ocupando lugar de destaque quanto a importância econômica do seu produto, quer seja ele comercializado *in natura* ou industrializado. No Brasil, o tomateiro é cultivado praticamente em todos os Estados da Federação, porém, com destaque para os Estados do Centro-Sul e alguns Estados Nordestinos, sendo que, aproximadamente 2/3 da produção nacional é destinada ao consumo *in natura*.

As cultivares de tomate utilizadas para o consumo *in natura* no Brasil se enquadram basicamente em dois grupos morfo-anatômicos; Santa Cruz e Multilocular. O consumo e produção são destacadamente maiores para as cultivares do grupo Santa Cruz, devido a grande resistência dos frutos ao manuseio, embalagem e transporte usualmente pouco cuidadosos e maior conservação pós-colheita em relação às cultivares do grupo Multilocular, por outro lado o sabor e composição dos tomates do grupo Santa Cruz são inferiores, quando comparados aos tomates do grupo Multilocular.

Uma total reformulação nas operações pós-colheita e no sistema de comercialização de tomate do grupo Multilocular, apresenta inúmeras dificuldades de ordem econômico-culturais. No entanto, têm-se verificado nos últimos anos, um rápido aumento na utilização de híbridos F_1 de tomates do grupo Multilocular no Brasil, onde praticamente todos os híbridos em uso pelos produtores são importados principalmente dos Estados Unidos, Japão, Holanda e Israel. A crescente exigência do mercado

(cadeias de "fast-food" e supermercados), por qualidade, tamanho e formato do fruto bem definidos, vem acelerando a substituição das cultivares de polinização aberta (op) por híbridos F_1 . Em outros países, grandes progressos têm sido feitos no sentido de aumentar geneticamente a firmeza e prolongar a vida pós-colheita deste tipo de tomate. Assim, também no Brasil, têm-se procurado obter híbridos F_1 melhorados geneticamente, que possuam características de maior resistência e conservação pós-colheita, para que em um prazo relativamente curto, se consiga colocar no mercado um produto de melhor qualidade e a preços acessíveis a uma maior faixa da população.

Desta forma, durante a seleção de híbridos F_1 de tomates Multilocular, obtidos em trabalhos de melhoramento genético, a textura da polpa de seus frutos é uma das mais importantes características a serem avaliadas, pois, expressa a resistência ao transporte, tempo de comercialização e qualidade pós-colheita. Portanto, a avaliação da textura dos frutos, das substâncias pecticas constitutivas da parede celular e da atividade de enzimas que levam a degeneração da parede celular durante a maturação, são importantes características que auxiliarão na seleção dos híbridos F_1 a serem colocados no mercado de sementes.

Este trabalho teve por objetivo caracterizar diferentes híbridos F_1 de tomate do grupo Multilocular, obtidos pelo cruzamento com o progenitor feminino comum, macho estéril (a linhagem BPX-308B-hv), quanto à qualidade para o consumo *in natura* através das características físicas, físico-químicas, químicas em frutos maduros, e bioquímicas (atividade das enzimas pectinametilesterase (PME) poligalacturonase (PG), em diferentes estádios fisiológicos de maturação.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Generalidades

O tomateiro pertence a família *Solanaceae*, gênero *Lycopersicon*. Este é dividido em dois subgêneros: *Ericopersicum* e *Eulycopersicum*, sendo que neste último encontra-se a maioria das cultivares que pertencem à espécie cultivada *Lycopersicon esculentum* Mill. (Pinto e Casali, 1980). Esta olerícola, nativa da região andina, foi levada para outros continentes, sendo uma das mais difundidas no Mundo (Giudice, 1980).

O tomate, sendo um fruto tipicamente climatérico, inicia o seu amadurecimento com a elevação na atividade respiratória, ocorrendo então várias mudanças fisiológicas (Khudari, 1972). Há a degradação da clorofila, biossíntese de pigmentos carotenóides, produção de etileno e amolecimento do fruto, associado ao aumento das atividades de enzimas pectolíticas (PME e PG), solubilização de pectinas, aumento dos teores de açúcares e alteração no metabolismo de ácidos orgânicos (Brady, 1987).

Para ampliar o tempo de comercialização, geralmente o tomate é colhido no estágio verde-maturo, o que prejudica seu "flavor" final (Nguyen et al., 1991), mesmo assim, o manuseio, o transporte e o armazenamento inadequados, aliados a um rápido amadurecimento, levam a perdas de 20-50% da produção nos países em desenvolvimento (Coursey, 1983 citado por Chitarra e Chitarra, 1990).

Práticas culturais, como uma melhor nutrição de cálcio (Buescher e Hobson, 1982; Burns e Pressey, 1987; Lima, 1992), e manipulações das condições de

armazenamento a fim de reduzir a atividade metabólica (Barrett, 1990; Nakhasi, Schlimme e Solomos, 1991), propiciam uma maior conservação pós-colheita. Porém, estas práticas têm sido pouco utilizadas devido ao fato de serem onerosas ou de pouca aplicabilidade devido a falta de infra-estrutura ou do baixo nível cultural dos produtores. Desta maneira, os programas de melhoramento genético do tomateiro têm sido desenvolvidos não apenas em busca de cultivares mais produtivas e resistentes a doenças, mas também visando cultivares que produzam frutos de melhor qualidade e de maior conservação pós-colheita (Martin, 1987; Nguyen et al., 1991), para que a curto prazo se consiga melhorar a qualidade dos frutos comercializados para o consumo *in natura* (Gull et al., 1989).

2.2 Melhoramento genético do fruto do tomateiro visando a melhor conservação pós-colheita

O melhoramento genético do tomateiro no Brasil visando uma melhor conservação natural pós-colheita dos frutos, iniciou-se a partir da cultivar 'Alcobaça' existente na região de Alcobaça, em Portugal (Almeida, 1957 citado por Tabim, 1974). Esta cultivar produz frutos amarelos e pequenos que podem conservar-se por 6 a 11 meses após a colheita (Leal, 1973). Foi introduzida no Brasil em 1967, com o intuito de transferir esta característica de conservação para cultivares do grupo Santa Cruz e posteriormente, para cultivares do grupo Multilocular (Leal e Liberal, 1971 citado por Leal, 1973). Posteriormente, verificou-se que o carácter de armazenamento da cultivar 'Alcobaça' é controlado por um único gene recessivo denominado *alc* (Mutschler, 1984a). Assim, plantas heterozigotas para o gene *alc* possuem capacidade de armazenamento dos frutos 78% maior que a cultivar 'Rutgers' e plantas homozigotas mostraram mais de 300% de aumento na capacidade de armazenamento, com vida média de armazenamento de 40 dias (Mutschler, 1984b). Híbridos heterozigotos do gene *alc* não mostram efeitos detrimentais na coloração, firmeza, ou tamanho dos

frutos, podendo produzir frutos com aceitação comercial e com significativa maior conservação pós-colheita (Mutschler et al., 1992).

Além do gene *alc*, outros genes mutantes, retardam o amadurecimento do tomate, conforme revisado por Martin (1987), tais como o gene "nunca amadurecer" *Nr* (Never ripe), o gene "inibidor do amadurecimento" *rin* (Ripening inhibitor), o gene do "não amadurecimento" *nor* (Non ripening), o gene do "amadurecer verde" *Gr* (Green ripe) e o gene "lutescente" *I* (Lutescent), sendo que outros genes podem vir a ser descobertos. Segundo a revisão de Brady (1987), os genes *rin* no cromossomo 5 e *nor* no cromossomo 10 são recessivos e resultam em frutos não climatéricos. Já os genes *Nr* (dominante no cromossomo 9), *Gr* (parcialmente dominante) e *alc* (recessivo posicionado junto ou alelicamente ao gene *nor* no cromossomo 10) resultam em frutos climatéricos porém, com amadurecimento lento durante um longo período. Estes genes mutantes podem ser usados para prolongar a conservação pós-colheita em heterozigose, pois, em homozigose poderiam impedir o amadurecimento adequado para o consumo *in natura*. Para tanto, os híbridos heterozigotos F_1 são usados em avaliações de qualidade e armazenamento dos frutos (Nguyen et al., 1991). Outros genes que afetam o processo de amadurecimento ainda podem ser descobertos, e estes, podem ser mais moderados em seus efeitos sobre o amadurecimento do que os mutantes de amadurecimento conhecidos atualmente (Martin, 1987). Estes genes poderiam ser muito valiosos em variedades homozigóticas e na obtenção de linhagens puras para a hibridação. Martin (1987), constatou que a extensão da vida de prateleira pode ser controlada por genes secundários, estudando 184 variedades de tomate de frutos vermelhos incluindo cultivares padrões e primitivas de *Lycopersicon esculentum* e variedades de *L. esculentum*, *L. cerasiforme*, *L. pimpinellifolium* e híbridos de *L. pimpinellifolium* com *L. esculentum*. Constatou que, destas variedades, a maioria apresentou vida de prateleira variando entre 3 a 8 semanas, e apenas 13 linhagens foram encontradas com excepcional vida de prateleira. Entre estas, 4 eram de *L. esculentum*, das quais apenas 2 variedades foram associadas ao gene lutescente.

Os efeitos destes genes mutantes, ainda não foram totalmente estabelecidos, porém, podem retardar o climatérico respiratório, diminuir os picos de respiração e

produção de etileno e diminuir a atividade da pectinametilesterase (PME) (Buescher e Tigchelaar, 1975) e poligalacturonase (PG) (Lobo, Bassett e Hannah, 1984), resultando em um maior período de armazenamento e em um menor amolecimento. Mesmo a exposição dos frutos a níveis crescentes de etileno pode não acelerar o seu processo de amadurecimento (Brady, 1987).

Nguyen et al. (1991), constataram que o gene *rin* em condições de heterozigose, atrasou o amadurecimento por poucos dias, aumentando o intervalo entre o estágio "breaker" e o completo amadurecimento de 5 para 7 dias, comparado com as outras cultivares comerciais, e aumentou a vida de armazenamento de frutos maduros de 28 para 40 dias a 20°C.

Níveis mais baixo de atividade de PME têm sido observados em frutos *rin* (Buescher e Tigchelaar, 1975; Hobson, 1980), ao passo que, níveis de atividade da PME em mutantes diminuidores do amadurecimento *Nr* têm sido relatados serem semelhantes àqueles observados em cultivares de amadurecimento normal (Hobson, 1967). Resultados semelhantes também foram obtidos por Harriman, Tieman e Handa (1991), trabalhando com estes genes mutantes (*rin*, *Nr*) do amadurecimento. O mecanismo pelo qual as atividades destas enzimas são inibidas em tomate com genes mutantes é até agora desconhecido. No caso da PG, sua síntese pode ser inibida, possivelmente, com algum processo que ocorre no núcleo, interferindo com o processamento da transcrição ou transporte do mRNA PG ou ainda devido a uma degradação seletiva da fita-dupla de RNA nos frutos (Smith et al., 1988).

Além de buscar uma melhor conservação pós-colheita de frutos, o melhoramento genético objetiva melhorar as qualidades organolépticas do tomate. Assim, a alta concentração de sólidos solúveis (>10%) de certas espécies selvagens sugere que existe potencial genético e fisiológico para o desenvolvimento de tomates com aumento na concentração de sólidos solúveis (Farkas, 1987, 1994). A literatura sobre a genética de sólidos solúveis em tomates indica que esta característica é quantitativamente herdada (Young; Juvik e Sullivan, 1993). No entanto, o maior problema é associar o desenvolvimento de tomates altamente produtivos com melhoramento da qualidade, onde muitas vezes há uma relação inversa entre produção

e conteúdo de sólidos solúveis. A herança genética destas características é controlada por muitos genes, tornando-se muito difícil melhorar ambas as características simultaneamente (Young; Juvik e Sullivan, 1993). No entanto, existe a possibilidade de se conseguir melhorar o conteúdo de sólidos solúveis e reduzir a atividade da enzima PME melhorando a conservação pós-colheita dos frutos. Tieman et al., (1992), mostraram que a inibição da expressão do gene da PME causou um aumento no conteúdo de sólidos solúveis em tomate e que os níveis de sólidos solúveis foram mais pronunciados nos frutos verde maduros e maduros do que em frutos imaturos. Estes autores sugerem a possibilidade de que o gene da PME tenha inativado ou influenciado algum(s) outro(s) gene(s) envolvido(s) na acumulação de SST no fruto, pois dois destes genes para SST, o aconitase-2 (*aca-2*) e o chlorophyll a/b ligado ao polipeptídeo 4 (*cab-4*) estão localizados no cromossomo 7 aproximadamente 22 e 31 centimorgans afastado do gene da PME (Biggs e Handa, 1989). Embora exista esta sugestão, o mecanismo responsável pelo aumento de sólidos solúveis em frutos de plantas com redução na atividade da enzima PME não está esclarecido. Alguns destes aumentos em SST poderá ser devido a alta metoxilação das pectinas que não estão ligadas às paredes celulares (PC) ou devido a alguns precursores da biossíntese da PC, que poderão permanecer no citoplasma ao invés de serem incorporados na PC, aumentando o nível de sólidos solúveis (Ricard e Noat, 1986). Tieman et al. (1992) mostrou a acumulação de carboidratos oligoméricos neutros, como possíveis açúcares que não foram incorporados pela PC do fruto permanecendo no citoplasma, contribuindo para aumentar o conteúdo de sólidos solúveis em plantas transgênicas.

Young, Juvik e Sullivan (1993), trabalhando com tomates melhorados, observaram em híbridos F_1 durante o amadurecimento que a concentração de sólidos totais, sólidos solúveis, frutose e glicose foram intermediárias às duas linhagens de paternos usadas, indicando característica de herança aditiva, enquanto a dominância foi observada para pH e acidez titulável. Contrastantemente, Stommel e Haynes (1993), trabalhando com híbridos de *Lycopersicon esculentum* x *L. hirsutum* constataram que a regulação do tipo de açúcar em tomates é controlada simplesmente pela herança de um gene principal designado *Sucr*, dominante para uma alta

porcentagem de açúcar redutor. Desta maneira, a proporção glicose: frutose parece ter controle genético pouco separado e é influenciada por pelo menos dois pares de alelos. Estas diferenças nos tipos de herança entre os vários componentes químicos de sólidos é indicativo das dificuldades do melhoramento para selecionar características quantitativas responsáveis pela qualidade organoléptica do tomate.

2.3 Características dos frutos

2.3.1 Características físicas

2.3.1.1 Textura

A textura é um importante fator de qualidade, pois, indica a resistência do fruto ao transporte e manuseio durante a colheita e comercialização. Contudo, o mecanismo pelo qual os frutos amaciam não é completamente entendido. Decréscimos na firmeza de frutos em amadurecimento têm sido sugeridos ser devido as alterações em ambas, parede celular primária e lamela média, cujos maiores componentes são as substâncias pécticas (Huber, 1983b) ou ainda, síntese muito rápida da parede celular (PC) (Mitcham, Gross e Ng, 1991).

Mudanças na lamela média e parede celular primária durante o amadurecimento levam a separação das células e amaciamento do tecido (Bartley e Knee, 1982). Tais mudanças são presumivelmente o resultado da atividade de enzimas como PG, PME, β galactosidase, celulasas e outras (Batisse, Fils-Lycaon e Buret, 1994). Um entendimento da bioquímica do amaciamento de frutos com o amadurecimento poderá propiciar informações comerciais importantes, uma vez que frutos mais firmes poderão ser comercializados por períodos mais longos.

Vários testes físicos têm sido utilizados para medir a firmeza dos frutos, baseados na força de pressão sobre pontos na superfície do mesmo ou sobre o fruto

inteiro (Hamson, 1952; Adegoroye, Jolliffe e Tung, 1989; Jackman, Marangoni e Staley, 1990). Quando se quer comparar textura de frutos com níveis de atividade enzimática, enfatiza-se a importância de se medir a firmeza do pericarpo ao invés da firmeza do fruto inteiro, uma vez que o material locular e morfologia interna do fruto podem contribuir para a sua firmeza, tornando-se difícil fazer uma correlação entre atividade de enzima e textura (Hall, 1987; Ahrens e Huber, 1990). Existe uma alta correlação entre a firmeza do fruto inteiro e a firmeza do pericarpo no estágio vermelho maduro, mas, a correlação é somente moderada nos estádios mais iniciais da maturação, sugerindo que eventos do desenvolvimento, tais como mudanças na quantidade e textura do material locular afetam, em taxas diferentes, a firmeza de frutos inteiros durante o avanço do amadurecimento (Ahrens, Huber e Scott, 1987).

A firmeza varia nos tomates entre os vários genótipos e os vários estádios de maturação (Ahrens, Huber e Scott, 1987; Ahrens e Huber, 1990), sendo atribuída à diferenças na espessura da casca, textura da polpa e estrutura locular dos frutos, isto é, a relação pericarpo/material locular (Mabbett, 1989).

A textura de frutos e hortaliças também depende do tamanho, forma, turgidez e coesividade entre as células dos tecidos (Pantástico, 1975). Estes aspectos dependem da PC das células, a qual é uma matriz altamente complexa contendo celulose, hemicelulose, pectinas, proteínas estruturais e outros componentes (Cassab e Varner, 1988; Varner e Lins, 1989; Carpita e Gibeaut, 1993), além de proporcionar estrutura estática para as células de plantas, e representar papel importante na sinalização e comunicação entre as células durante adaptação e respostas às defesas (Jarvis, 1984; Fry et al., 1993). As PC são de natureza heterogênea, pois, a distribuição de ions em sua superfície depende da densidade de carga e configuração da fração pectica. Geralmente, a PC comporta-se como efetiva trocadora de cations. Além disso evidências têm sugerido que os componentes da PC são distribuídos desigualmente ao longo da parede. Áreas pécticas da lamela média são altamente esterificadas, com poucas cadeias laterais, enquanto áreas pecticas da parede celular primária são consideradas conter, em abundância, cadeias laterais ao longo do esqueleto de raminogalacturonanas, além de reduzido grau de esterificação (Burns e Pressey, 1987). Desta forma, a perda progressiva da firmeza durante a maturação do tomate é

resultante da redução da espessura das paredes das células e da força coesiva que as mantém unidas, pela decomposição de moléculas poliméricas como protopectinas, celulosas, hemicelulosas e amido (Malis-Arad et al., 1986; Fischer e Bennett, 1991).

Hetherington e Mac Dougall (1992), sugeriram que, em tomates, as paredes central e radial do pericarpo contém grandes quantidades de grãos de amido conferindo rigidez ao fruto. Com o amadurecimento ocorre conversão do amido em monossacarídeos solúveis em água e consequentemente, amaciamento do fruto. Van Buren (1979), atribuiu o amaciamento da polpa as alterações nas características dos polissacarídeos da lamela média da PC, entre estes, principalmente as substâncias pécticas. Assim, as substâncias pécticas são considerados os principais componentes químicos dos tecidos responsáveis pelas mudanças de textura (Chitarra e Chitarra, 1990).

2.3.1.2 Tamanho e Forma

O fruto durante seu desenvolvimento fisiológico apresenta aumento gradual no tamanho e peso devido a divisão e expansão celulares. Com a maturação, apresenta redução no seu peso, devido a respiração, através da perda de carbono na forma de CO_2 , e devido a transpiração, pela perda de água (Pantastico, Chattopadhyay e Subramanyam, 1975). De acordo com Sigris (1988), durante a transpiração, o fruto perde água, na forma de vapor, através de estruturas anatômicas como, lenticelas, cutícula e principalmente pelo ponto de inserção do pedúnculo. Uma perda de 3 a 6% com base em peso seco é suficiente para ocasionar perda de peso e depreciar o fruto (Leal, 1973).

As variáveis mais utilizadas para se avaliar a forma e o tamanho de frutos são os diâmetro longitudinal e transversal e o peso, variáveis estas, utilizadas para distinguir diferentes cultivares de tomates (Chitarra e Chitarra, 1990). No geral os frutos multiloculares possuem diâmetro transversal maior do que o longitudinal, o que os caracteriza como frutos "achatados" denominados 'Salada' ou 'caqui'. A relação

diâmetro longitudinal/ transversal próxima de 1,0 caracteriza frutos com formas mais arredondadas, tidas como desejáveis comercialmente.

Segundo Kemble e Gardner (1992), o peso e o número de lóculos contribuem diretamente para o tamanho do fruto. Estes autores afirmam que quanto maior o número de lóculos maior o peso e tamanho do fruto.

2.3.2 Características físico químicas, químicas e bioquímicas

2.3.2.1 Acidez total titulável (ATT) e pH

A acidez total titulável (ATT) nos tomates atinge o máximo nos primeiros sinais de coloração amarela, e reduz progressivamente com o avanço da maturação (Hobson, 1987). Os principais ácidos orgânicos encontrados em tomate são o cítrico, o málico e o glutâmico, representando a maioria da ATT do fruto (Davie e Maw, 1972; Sapers et al., 1978; Picha, 1987). Entre estes, o mais abundante é o ácido cítrico, correspondendo a mais ou menos 90% do total da acidez (Simandle et al., 1966). A maioria destes ácidos assim como a atividade da enzima málica-NADP⁺ estão concentrados na cavidade locular do fruto (Hobson e Harman, 1986; Knee e Finger, 1992). Estes autores verificaram que em tomate a concentração de ácidos orgânicos e a atividade específica da enzima málica-NADP⁺ alcançaram níveis máximos no estágio de transição entre o verde maduro e o "breaker". Nos estádios subsequentes de maturação, houve um declínio na concentração do malato seguido por decréscimos na atividade da enzima málica-NADP⁺ e na concentração de citrato. Isto sugere que o tomate acumula ácidos orgânicos durante o crescimento e usa estes ácidos como substrato para respiração durante o amadurecimento (Knee e Finger, 1992). Durante a maturação de tomate, os ácidos málico, oxálico e fumárico decrescem, enquanto que o ácido cítrico aumenta até o estágio verde-amarelo ("breaker"), com posterior redução ou nenhuma mudança significativa (Goodenough et al., 1982; Picha, 1987; Thorne e Efiuvwevwere, 1988; Baldwin, Nisperos-Carriedo e Moshonas, 1991; Young, Juvik e Sullivan, 1993). Vários autores (Villarreal, Luh, Leonard, 1960; Davies, 1966; Mattoo et al., 1975;), sugerem o catabolismo do citrato via malato como causa da queda no teor

de ácido cítrico. Assim, ácidos, açúcares e voláteis podem ser influenciados por mudanças na respiração do fruto durante a conversão do anabolismo para catabolismo nos períodos climatérico e pós-climatérico do amadurecimento (Baldwin, Nisperos-Carriedo e Moshonas, 1991).

O pH próximo da neutralidade após a formação do fruto sofre redução durante o crescimento até o estágio verde-maturo, aumentando ligeiramente durante o amadurecimento (Al-Shaibani e Greig, 1979). Segundo Powers (1976), o pH do tomate é influenciado por ácidos orgânicos e conteúdos de potássio e necessita permanecer em valores abaixo de um limiar, para prevenir contaminações microbianas e exercer função tampão para determinadas reações de catabolismo e ou anabolismo, durante o processo de amadurecimento de frutos. O pH tal como a ATT e os sólidos solúveis totais (SST) também sofre a influência de fatores tais como a cultivar (Lower e Thompson, 1966), época de colheita (Al-Shaibani e Greig, 1979), e estágio de maturação, Hanna (1961), porém, a exposição à luz solar, temperatura e duração do armazenamento não o influenciam (Craft e Heinze, 1954).

O pH parece exercer um papel importante sobre os grupos carboxílicos livres das pectinas, uma vez que estes grupos podem estar em forma não ionizada (COOH) em pH menores que 3, ou em forma ionizada (COO^-) em valores de pH maiores que 3. Portanto, apresenta diferentes capacidades para interagir com outros constituintes da parede celular, tais como o Ca^{+2} disponível na lamela média, para formar redes tridimensionais (Dergal, 1981).

2.3.2.2 Sólidos solúveis totais (SST) e Relação SST/ATT

Os sólidos solúveis totais (SST), a acidez e sua relação (SST/ATT) caracterizam o "flavor" do tomate (Chitarra e Chitarra, 1976).

Nos estudos de Jones e Scott (1984); Petro-Turza (1987); Buttery, Teranishi e Ling (1987), Buttery et al. (1988); e Baldwin, Nisperos-Carriedo e Moshonas (1991), o "flavor" de tomates têm sido medido pela proporção adequada entre açúcares

reduzidores e ácidos livres, além da contribuição de compostos voláteis, associados à época de colheita e tratamento pós-colheita de linhagens melhoradas de tomates.

Gull et al. (1989), relataram que diferenças no "flavor" dentro de cultivares de tomates são o resultado da maturidade de colheita, influências ambientais, manuseio pós-colheita, diferenças nas taxas de fertilização, irrigação e composição do solo. Entre 10 genótipos estudados para estabilidade de qualidade, somente 3 genótipos mostraram ser estáveis para condições adversas de ambiente. Chitarra e Chitarra (1976), trabalhando com sete cultivares diferentes de tomates encontraram uma relação SST/ATT variando de 6,3 a 9,4 no estágio final do amadurecimento, e consideraram os resultados satisfatórios para uma boa qualidade do "flavor" de fruto.

Davies e Hobson (1981), estimaram a porção solúvel em água da matéria seca de tomate. Verificaram que, cerca de metade está na forma de açúcares reduzidores (frutose 25% e glicose 22%), e mais de um quarto consiste de ácido cítrico (9%), ácido málico (4%), ácido amino dicarboxílico (2%), lipídeos (2%) e minerais (8%), explicando porque a qualidade do tomate está centrada nos sólidos solúveis, ácidos orgânicos e açúcares. Os sólidos solúveis chegam a representar 75% do peso seco de frutos maduros (Hewitt, Dinar e Stevens, 1982). Açúcares e ácidos orgânicos são os maiores constituintes orgânicos do fruto maduro e contribuem não somente para a doçura e a acidez, como também estão associados com a intensidade de "flavor" total (Stevens, 1972, Stevens et al., 1977; Jones e Scott, 1984). Variações nas concentrações de açúcares e ácidos tiveram significantes contribuições para diferenças genotípicas no "flavor" de tomates. Aqueles com "flavor" mais intenso foram associados com altas concentrações destes componentes, visto que, os açúcares compreendem 55 a 65% da fração SST e aproximadamente 50% dos sólidos totais em tomate (Stevens et al., 1977).

Os fatores que mais influenciam o conteúdo de sólidos solúveis em tomate são a área foliar, o número de frutos, a taxa de assimilados exportados pelas folhas, a taxa de assimilados importados pelos frutos, e o metabolismo do carbono no fruto (Hewitt, Dinar e Stevens, 1982). Os principais mecanismos envolvidos na atividade do dreno de

um fruto são: 1) deposição de sacarose pelo floema; 2) hidrólise e absorção de açúcares e 3) biossíntese e armazenamento de carboidratos (Ho, Sjut, e Hoad, 1983).

O amido e materiais estruturais são as principais formas de armazenar carbono importado (Young, Juvik e Sullivan, 1993). Os níveis de amido aumentam nos estádios iniciais de desenvolvimento do fruto, seguido por um decréscimo para próximo de zero com o amadurecimento, devido a subsequente conversão para açúcares (Davies e Cocking, 1965). Ho (1979), demonstrou que a importação de assimilados fotossintéticos em tomate é determinado pela força do dreno do fruto individual, mais do que pela taxa fotossintética simultânea da folha fonte. Examinando dois genótipos para conteúdo mais alto de sólidos solúveis, Hewitt, Dinar e Stevens (1982), constataram que esta característica é fortemente determinada pelo dreno de assimilados. Vários estudos têm indicado que a taxa de metabolismo do fruto influencia a força de dreno do fruto para fotossintatos (Hewitt, Dinar e Stevens, 1982; Walker e Ho, 1977).

Tanto os SST quanto a relação SST/ATT tendem a aumentar durante o amadurecimento do tomate (Carvalho et al., 1984). A cultivar, o local e a época de colheita também influenciam os SST e a ATT, assim como estresse, idade da planta e práticas culturais. Altos níveis de sais de potássio no solo tendem a aumentar a ATT (Dennison, Hall e Nettles, 1952; Winsor, 1979; Davies e Hobson, 1981).

Mutschler (1984b), não encontrou diferenças significativas para pH e SST entre frutos 'Rutgers' de amadurecimento normal e 'Alcobaça', assim como de seu híbrido F₁. O mesmo comportamento foi observado por Nguyen (1991), para híbridos *rin*.

2.3.2.3 Açúcares totais solúveis

Geralmente ocorre aumento no teor de açúcares totais durante o amadurecimento do tomate (Picha, 1987). Os açúcares redutores (glicose e frutose) representam 65% dos SST em frutos maduros, enquanto que a sacarose, quando presente, ocorre em teores muito baixos (Hobson e Davies, 1971).

A glicose e a frutose são encontradas principalmente na parede locular do fruto em proporções iguais, enquanto que a sacarose, quando presente, raramente excede 0,1% do peso fresco (Simandle et al., 1966; Hobson e Kilby, 1984). Segundo Davies e Kempton (1975), o baixo teor de sacarose pode ser explicado pela presença da invertase, a qual tem sido encontrada no tomate e cuja atividade aumenta durante o amadurecimento do fruto (Grierson, Tucker e Robertson, 1981).

A concentração de açúcares redutores em tomates tem mostrado ser correlacionada com aumentos nos níveis de amido e grande atividade das enzimas ADPglucose pirofosforilase e sacarose sintase (Robinson; Hewitt e Bennett, 1988). Uma alta taxa de acumulação de amido durante os estádios iniciais do desenvolvimento do fruto seguido por um decréscimo até próximo de zero com a maturação têm sido sugerido por Dinar e Stevens (1981), contribuir para um aumento nos níveis de hexoses no fruto maduro.

Os níveis de açúcares dependem do acúmulo de radiação solar incidente. Winsor (1979), observou que teores de açúcares foram altos no período mais intenso do verão, correspondente ao máximo de radiação solar. Os principais nutrientes do solo exercem poucos efeitos sob o teores de açúcares em tomates, porém, a fertilização com altos níveis de nitrogênio tem um efeito adverso (Davies e Winsor, 1967). Pequenos teores de açúcares parecem ser formados dentro do fruto a partir do metabolismo dos principais ácidos (Davies e Maw, 1972). Existe alguma evidência de que a fotossíntese ocorre no fruto, pelo menos, durante as primeiras fases de maturação antes da degradação da clorofila. Simultaneamente, o catabolismo das hexoses ocorre durante a maturação, principalmente pela via oxidativa monofosfato (Davies e Kempton, 1975).

2.3.2.4. Vitamina C total

O tomate é um fruto rico em ácido ascórbico (vitamina C), porém, os relatos sobre os teores de vitamina C durante o desenvolvimento e amadurecimento são discrepantes, provavelmente devido às metodologias de doseamento, fatores genéticos e variações ambientais, particularmente de intensidade luminosa (Malewski e Markakis, 1971). O completo amadurecimento do fruto coincide com o teor máximo de vitamina C, e o decréscimo indica o final do amadurecimento (Watada, Aulenbach e Worthington, 1976). Vários autores (Malewski e Makarkis, 1971 e Pantos e Makarkis, 1973; Bisogni, Armbruster e Brecht, 1976) observaram perda de ácido ascórbico em frutos amadurecidos durante o armazenamento, no entanto, Carvalho et al.(1984), não observaram tais perdas.

Diferentes cultivares de tomate apresentam diferenças nos conteúdos de ATT (Sapers et al., 1978), STT (Garvey e Hewitt, 1992), STT/ATT (Chitarra e Chitarra, 1976), pH (Al-Shaibani e Greig, 1979), açúcares (Hobson e Davies, 1971) e vitamina C (Warnock, 1983). Porém, não se têm observado diferenças significativas nestas características físico-químicas e químicas entre os diferentes mutantes *nor*, *rin*, *alc*, *Gr* e *Nr* (Zambom, 1984; Nguyen et al., 1991; Mutschler, 1984b; Baldwin, Nisperos-carriedo e Moshonas, 1991).

2.3.2.5 Pigmentos carotenóides

Carotenóides são pigmentos de cor amarela, laranja ou vermelha largamente distribuídos na natureza (Harding e Shropshire Jr., 1980). Em tomates, durante a maturação, os cloroplastos são convertidos a cromoplastos, o nível de clorofila decresce e o de carotenóides aumenta (Khudari, 1972). Neste processo os carotenóides são produzidos no escuro, porém, a luz aumenta o nível de carotenóides sintetizados (Harding e Shropshire Jr., 1980). As enzimas carotenogênicas responsáveis pela acumulação de carotenos em frutos em amadurecimento possuem maior atividade nos frutos verdes. Frutos verdes são fotossinteticamente ativos e, os

carotenóides são requeridos como fotoprotetores, assim sofrem uma rápida ciclagem ("turnover"), necessitando de níveis altos de atividade da enzima carotenogênica. A medida que os frutos amadurecem a atividade fotossintética decresce, a clorofila desaparece e os carotenóides não são mais degradados tão rapidamente. Portanto, a atividade da enzima diminui nos estádio "breaker" e pós "breaker" (Giuliano, Bartley e Scolnik, 1993). O desenvolvimento da cor é desigual durante a maturação do tomate. O fruto verde maduro inicia a mudança para vermelho do final da região estilar e a cor espalha-se gradualmente da região estilar para pedúncular (Hetherington e MacDougall, 1992). A mudança na pigmentação é causada por uma maciça acumulação do carotenóide licopeno dentro de plastídeos em cristais ligados à membrana (Harris e Spur, 1969).

As mudanças de coloração durante a maturação são correlacionadas, pelo consumidor, com a melhora no sabor e com outros atributos desejáveis (Chitarra e Chitarra, 1990). Desta forma, é de grande importância a avaliação da evolução da síntese de carotenóides em novos híbridos de tomates, pois, a cor e a textura, são os dois mais importantes fatores que afetam a preferência do consumidor por tomates frescos (Rushing e Huber, 1983).

Em tomate maduro os principais pigmentos carotenóides encontrados são o licopeno (cor vermelha) e o β -caroteno (cor amarela) (Thompson et al., 1965). A razão licopeno/ β -caroteno é importante na cor final do fruto, variando com o grau de maturação, temperatura, exposição à luz e o fenótipo da cultivar (Thompson, 1962; Tomes et al., 1953). As temperaturas normais de armazenamento não possuem efeito sobre a coloração entretanto, temperaturas de armazenamento muito elevadas decrescem o conteúdo de licopeno em cerca de 11%, devido a formação de seu isômero, provavelmente através da oxidação (Thompson, 1961). As altas quantidades de licopeno encontradas no fruto maduro sugerem que somente uma parte deste, formado *in vivo*, é ciclado nos cromoplastos para β -caroteno, e explicam a acumulação de precursores de licopeno no pericarpo de frutos durante a maturação (Fraser et al., 1994).

Entre os genes mutantes não amadurecedores em tomate, os *rin* e *nor*, resultam em frutos não climatéricos, que falham na produção de etileno. Quando expostos a altas concentrações de etileno, os frutos *rin* desenvolvem quantidades moderadas de licopeno, porém, amolecendo pouco a polpa. Frutos *nor* produzem algum licopeno e etileno durante a senescência, podendo desenvolver níveis próximos aos normais de carotenos e alguma atividade da PG quando sob estresse salino. Já os mutantes *Gr*, *Nr* e *alc*, prolongam o climatério e colorem-se lentamente e às vezes incompletamente (Brady, 1987).

A avaliação da geração F_1 de híbridos heterozigotos obtidos na Austrália com estes genes mutantes mostra que os híbridos *rin* (*rin/+*), quando, maduros possuem menor inibição do amadurecimento e deficiência de cor que os híbridos *nor*, *Nr* e *Gr* (Nguyen et al., 1991). Esta característica dos híbridos *rin* pode possibilitar a colheita dos frutos em um estágio de cor mais avançado, melhorando suas qualidades organolépticas, já que amolecem mais lentamente que as cultivares comerciais (Nguyen et al., 1991).

Estudos bioquímicos de variedades de tomates mutantes foram as bases sobre as quais a via desaturase da fitoeno para licopeno foi estabelecida (Porter e Lincoln, 1950). Somente a atividade da fitoeno sintase aumenta em torno de quatro vezes durante a maturação do fruto, comparado com o nível no fruto "breaker," sugerindo que é a principal enzima responsável pelo acúmulo de licopeno no fruto maduro (Fraser et al., 1994).

2.3.2.6 Substâncias Pecticas

As substâncias pécticas ou pectinas são uma classe de polissacarídeos complexos caracterizados pelas suas propriedades de solubilidade em água quente, quelantes ou ácidos diluídos. As pectinas são compostas principalmente de ácidos poligalacturônicos, um homopolímero formado por unidades de ácido D-galacturônico unidas por ligações $\alpha(1 \rightarrow 4)$, com vários graus de metilesterificação dos grupos carboxílicos (Carpita e Gibeaut, 1993). Rhamnogalacturonanas I, um heteropolímero de

unidades dissacarídeos de ácido D-galacturônico $\alpha(1\rightarrow4)$ -L Raminose $\alpha(1\rightarrow2)$ e rhamnogalacturona II, um polímero altamente heterogêneo, são outros tipos de pectinas presente em tecidos de plantas (O'Neill, Albershein e Darvill, 1990; Carpita e Gibeaut, 1993). Assim, seu principal constituinte é o ácido galacturônico, porém, resíduos de açúcares neutros predominando arabinose e galactose têm sido detectados (Meneill et al., 1984; Ericson e Elbein, 1980). Têm sido sugerido que, quando o grupo carboxílico do ácido galacturônico não se encontra metilado, ocorre ligações covalentes com o Ca^{+2} em intervalos regulares, o que funciona como elemento estabilizador destas moléculas, tornando-as insolúveis (Huber, 1983b). Esta formação de pontes cruzadas de Ca^{+2} entre as cadeias produz estrutura chamada "caixa de ovos" levando a estabilização da lamela média (Grant et al., 1973; Demarty, Morvan e Thellier, 1984; Fry, 1986). Outros autores (Fry, 1986; Cassab e Varner, 1988) sugeriram que as pectinas poderão também formar ligações cruzadas com proteínas estruturais da PC para formar a matriz que envolve as células. De acordo com Walkinshaw e Arnott (1981); Morris et al. (1982) e Powell et al. (1982), dependendo da concentração de íons de Ca^{+2} , as pectinas formam diferentes tipos de agregados. Sob baixos níveis de Ca^{+2} , o ácido poligalacturônico formaria duas cadeias de unidades primárias (ác. poligalacturônico) em configuração antiparalela com aproximadamente 50% dos grupos carboxílicos neutralizados com Ca^{+2} . Sob excesso de Ca^{+2} , este permanece fracamente ligado aos agregados formados com várias unidades primárias, contribuindo com pouca força para os géis poligalacturônicos. Desta forma, após significativa perda de Ca^{+2} ligado, não tem sido observado mudanças detectáveis no amaciamento de tomate (Tieman e Handa, 1994). A pectina ligada ao Ca^{+2} (pectato de cálcio) é também designada protopectina, e é predominante nos tecidos de frutos imaturos, porém, durante o amadurecimento, estes polímeros insolúveis são clivados e os polímeros de pectina permanecem unidos apenas por ligações iônicas, presumivelmente com o Ca^{+2} , aumentando sua solubilidade em água e quelantes (Fischer e Bennett, 1991). Segundo Chitarra e Chitarra (1990), a hidrólise parcial da protopectina produz ácidos pectínicos (esterificados com grupos metílicos) ou ácidos pecticos (sem esterificação), também chamados de pectina solúvel.

Variações nas técnicas usadas para o preparo da PC de tomate para determinação de pectinas não permitem fazer uma comparação direta dos resultados obtidos nos diferentes estudos. Métodos clássicos para extração de PC envolvendo homogeneização em água ou tampões aquosos poderão resultar na perda de muitos poliuronídeos solúveis (Rushing e Huber, 1984) ou modificar a estrutura e a susceptibilidade hidrolítica das pectinas para desesterificação ou hidrólise das ligações glicosídicas. De acordo com Huber (1991), modificações nas pectinas poderão ocorrer durante a extração da PC; resultantes de reações autocatalíticas principalmente pela pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG) envolvendo as fases aquosas e consequentemente, alterando os componentes da PC. Lavagem em etanol ou acetona (50%, 80°C por 20 min.), tem sido usada na tentativa de inativar enzimas ligadas (O' Beirne, Van Buren e Mattick et al., 1982, Koch e Nivens, 1989), contudo, experimentos com pectinas liberadas da PC *in vitro* tem demonstrado que o etanol a quente não é totalmente efetivo em inativar PG ligada a isolados da PC de tomate (Huber e Lee, 1988). Esta observação é consonante com o relato da termoestabilidade alta da PG₁ de tomate (Tucker, Robertson e Grierson, 1980). Como alternativa, vários trabalhos (Selvendran, 1975, Jarvis, 1982, Seymour et al., 1987) têm recomendado que a inativação de enzimas ligadas seria conseguida submetendo-se a PC a um tratamento com fenol-ácido acético-água (PAW, 2:1:1 p/v/v). Contudo Huber (1991, 1992), mostrou que as PCs de tomates tratadas com PAW aumentaram a solubilidade das pectinas em frutos verde maduro, exibiram 35 a 50% de redução no cálcio e demonstraram grandes mudanças na susceptibilidade para hidrólises pela PG, sugerindo que o fenol tamponado seria uma possível alternativa para PAW, uma vez que paredes expostas a tris-fenol tamponado (pH 7.0) foram enzimaticamente inativadas, não demonstrando redução em cálcio e exibindo solubilização de pectinas dependente do quelante.

As mudanças químicas da PC durante o amadurecimento dos frutos ocorrem pela ação coordenada de enzimas hidrolíticas que têm sido objeto de muitas pesquisas nas últimas décadas (Huber, 1983b; Brady, 1987; Fischer e Bennett, 1991). Entre as enzimas capazes de degradar a pectina da PC de tomate, as mais importantes são as PMEs e PGs (Huber, 1983a).

2.3.2.7 Enzimas Hidrolíticas (PME e PG)

Importantes modificações no desenvolvimento e metabolismo de frutos acompanham o início do amadurecimento. Além de alterações na biossíntese de pigmentos e produção de compostos voláteis, os tomates sofrem significantes mudanças na textura durante o amadurecimento. Embora várias hidrolases da parede celular tenham sido implicadas no amaciamento do fruto, especial atenção tem sido dada a degradação de poliuronídeos. O papel das poligalacturonases durante a maturação do tomate tem sido extensivamente investigada em genética, bioquímica e níveis de expressão de genes (Fischer e Bennett, 1991). A PME representa um papel importante no amaciamento de frutos pelo aumento *in vivo* da susceptibilidade de pectinas a poligalacturonase durante a maturação. (Pressey e Avants, 1982; Seymour, Lasslett e Tucker, 1987; Koch e Nevins, 1989).

A atividade da PME têm sido detectada em muitos tecidos de plantas, contudo, a enzima está particularmente associada com o amadurecimento de frutos, zonas de abscisão e maturidade de paredes celulares (Sexton e Roberts, 1982; Huber, 1983a). Aumentos na atividade da enzima PME tem sido relatados durante a maturação de tomate (Tucker, Robertson e Grierson, 1982; Harriman, Tieman e Handa, 1991), abacate (Awad e Young, 1979), maçã (Knee, 1978), banana (Brady, 1976) e mamão (Paull e Chen, 1983). A enzima PME é uma enzima que catalisa a desmetilação do C₆ do grupo carboxílico dos resíduos de galacturosil, desesterificando-os. Portanto, têm um importante papel na degradação da pectina pela PG, a qual só catalisa a hidrólise das ligações $\alpha,1-4$ quando desesterificadas (Fischer e Bennett, 1991). Portanto, a hidrólise da pectina depende do grau de desesterificação, ou seja da ação da PME, a qual está presente em todos os estádios de desenvolvimento do tomate, porém, o aumento em sua atividade só ocorre durante o amadurecimento (Pressey e Avants, 1982), e consequentemente, o grau de esterificação decresce do estágio verde maduro para o estágio vermelho maduro (Huber e Lee, 1986, Koch e Nevins, 1989). Ao contrário da PG, a qual é sintetizada somente durante o amadurecimento, a PME é

produzida durante o desenvolvimento do tomate (Tucker, Robertson e Grierson, 1982; Fischer e Bennett, 1991; Harriman, Tieman e Handa, 1991). Funcionalmente, a enzima PME ataca o substrato pectina em diferentes posições. Cerca da metade das hidrólises catalisadas por PME de tomate afetam as regiões próximas ao final redutor de pectinas altamente esterificadas, enquanto a clivagem permanece afetando grupos carboxílicos livres (Markovic e Jörnval, 1986).

Anticorpos de PME e clones de DNA complementar (cDNA) são usados para determinar mudanças na expressão do gene para PME em tomates mutantes que não amadurecem (Harriman, Tieman e Handa, 1991). Estes autores mostraram que a cultivar 'Rutgers' de amadurecimento normal e os mutantes *rin*, *nor* e *Nr* têm a primeira detecção de mRNA para PME nos frutos com 10 a 20 dias de idade. O mRNA continua a acumular nos estádios subsequentes durante o desenvolvimento do fruto, mostrando um posterior declínio, sendo que nos mutantes *rin* o mRNA para PME não foi detectado em frutos com mais de 45 dias e a atividade da PME declinou ao mesmo tempo. Porém, estes padrões de acúmulo de mRNA para PME não corroboram a atividade da PME previamente descrita por Tucker, Robertson e Grierson (1982), a qual aumentaria de duas a três vezes durante o amadurecimento do tomate.

Tieman et al. (1992), trabalhando com gene sintético de PME produzido através da técnica de antisense e introduzido em plantas de tomates normais, identificou frutos com significativa redução nos níveis de expressão da PME (menos do que 10% dos níveis de atividade da enzima PME encontrado em frutos da cultivar 'Rutgers' de amadurecimento normal). Estes frutos amadureceram normalmente e a produção de etileno e acumulação de licopeno não foram afetadas. Contudo, estes mostraram algumas outras mudanças incluindo grau mais alto de pectinas metilesterificadas, aumento no tamanho da pectina, um decréscimo em pectinas solúveis em EDTA e aumento nos sólidos solúveis. Os mesmos autores sugerem que as ligações iônicas da pectina com a parede celular são afetadas pela atividade da PME. Pectinas com grau mais alto de metilesterificação poderiam diminuir o nível de pontes de cálcio na PC entre os pectatos, resultando em um decréscimo na pectina extraída com EDTA. As pectinas remanescentes são presumivelmente ligadas às

paredes celulares do fruto por outros meios e poderão ser liberadas pela remoção do cálcio. Segundo Tieman et al. (1992), o aumento no tamanho das pectinas pode ser devido a inibição parcial da PG, presumivelmente devido ao aumento na metilesterificação das pectinas. A inibição da despolimerização de pectinas também foi visto em frutos com genes sintéticos de PG, produzidos pela técnica antisense de RNA. Contudo, nestes frutos, os níveis de pectinas solúveis em quelantes permaneceram constante (Smith et al., 1990). Sinergismo entre PME e endopoligalacturonase (endo-PG) têm sido sugerido representar um papel na despolimerização de pectinas durante o amadurecimento de tomate (Pressey e Avants, 1982; Seymour et al., 1987; Koch e Nevins, 1989).

Três distintos genes para PME em tomates foram recentemente isolados e a análise de sua expressão possibilitará o entendimento da regulação da PME no amadurecimento (Handa, A. comunicação pessoal citada por Fischer e Bennett, 1991), no crescimento e no desenvolvimento de frutos.

Gaffe, Tieman e Handa (1994) e Giovane et al. (1994) demonstraram que a maioria da atividade da PME presente no tomate em amadurecimento é devida a três isoformas de PME (PME₁, PME₂ e PME₃) específicas do fruto. A produção de uma destas é inibida pela expressão do gene sintético de PME produzido por antisense (Gaffe, Tieman e Handa, 1994). Estes autores sugerem que as isoformas de PME presentes em tomateiros podem ser agrupadas em dois tipos: isoformas de PME específicas de tecidos de frutos e isoformas encontradas em todos os tecidos da planta, incluindo pericarpo de frutos. Tieman et al. (1992) e Hall et al. (1993) em experimentos com plantas transgênicas sugerem que o grupo de isoformas PME específicas para frutos, não é necessário para o desenvolvimento da maturação de frutos ou crescimento e desenvolvimento da planta. É possível que os dois grupos de PMEs, e até mesmo uma das isoformas dentro de um dos grupos tenha diferentes modos e tempos para desesterificação das pectinas (Markovic e Kohn, 1984).

A PG cataliza a hidrólise das ligações, α 1-4 entre os resíduos de ácido galacturônico da cadeia de pectina (Fischer e Bennett, 1991). Sua atividade têm sido identificada em vários frutos durante a maturação, notavelmente em tomate, e se

correlaciona com o aumento de pectinas solúveis e amaciamento durante a maturação (Huber e Lee, 1989; Ahrens e Huber, 1990). Sugere-se que a PG seja primariamente a responsável pelo amadurecimento dos frutos (Fischer e Bennett, 1991), devido a observações na degradação de poliuronídeos da parede celular de tomate *in vitro* (Seymour, Lasslett e Tucker, 1987), a correlação entre a atividade da PG e o amaciamento dos frutos (Pressey, 1986; Huber e Lee, 1989) e a ausência ou deficiência de PG nos mutantes de tomate que não amadurecem (Lobo, Bassett e Hannah, 1984, Schuch et al., 1991). Embora muitas evidências tenham sugerido que outros fatores além da enzima PG estejam envolvidos nas mudanças da estrutura e solubilidade da PC dos frutos, que levam a alterações na textura (Tong e Gross, 1990).

Rushing e Huber (1990), trabalhando com parede celular de tomate *in vitro* mostraram que a PG de frutos pode ter sua capacidade hidrolítica sobre as pectinas limitada possivelmente devido a um inibidor liberado da parede celular pela ação da própria enzima PG. Produtos liberados como consequência da hidrólise de pectinas na PC incluem ácidos urônicos (Hobson, 1964), cálcio (Rigney e Wills, 1981), açúcares neutros (Gross e Wallner, 1979; Huber, 1983b; Gross e Sams, 1984), proteínas (Hobson, Richardson e Gilham, 1983), e possivelmente outros componentes da parede celular não identificados. Destes, o cálcio parece ser o inibidor mais provável, pois exibe características capazes de causar supressão da autólise em um sistema estático, além de explicar a diminuição na capacidade hidrolítica através de sua habilidade para se ligar aos grupos COO^{-1} livres, conferindo rigidez aos polímeros de pectinas e, consequentemente, restringindo a capacidade da PG para migrar dentro da PC. A aplicação de cálcio exógeno têm demonstrado uma grande diminuição na atividade autocatalítica desta enzima e a reversibilidade da inibição também têm sido consistente com o papel do cálcio (Rushing e Huber, 1987). Estes autores também sugerem que as características de ligação e mobilidade da PG na PC são de considerável importância na regulação da hidrólise de pectinas em isolados de PC e possivelmente *in vivo*. A inibição observada nas reações autocatalíticas funcionam sob condições estática podendo de fato ser mais acentuada *in vivo*, particularmente se o inibidor solúvel permanece sequestrado no apoplasto (Tieman et al., 1992).

Outros trabalhos também sugerem que a PG pode ser regulada por interações com pH, Ca^{+2} solúvel e força iônica do apoplasto. Estes fatores poderão regular a atividade da PG por afetar a mobilidade da enzima dentro da PC (Rushing e Huber, 1985, 1987)

Uma característica comum encontrada durante o amadurecimento de morangos (Woodward, 1972), maçãs (Knee, 1973), peras (Yamaki, Machiada e Kakiuchi, 1979), melancias (Gross e Sams, 1984) e tomates (Wallner e Bloom, 1977; Gross e Wallner, 1979) é a perda líquida de açúcares neutros não celulósicos da PC. Têm sido relatado por Gross (1990), que mudanças nos açúcares neutros de cadeias laterais de ácidos galacturônicos, poderão modificar o grau de associação e a solubilidade das pectinas. Formas ácidas de açúcares também poderão ser exigidas para formar pontes de Ca^{+2} , o que é importante no controle de atividades enzimáticas (Batisse, Fils-Lycaon e Buret, 1994). Koch e Nevins (1990), constataram um aumento em polímeros de galactose solúvel no estágio "breaker" e arabinose no estágio "turning". Ambos precederam o aumento de ácido urônico, sugerindo que outras hidrolases capazes de liberar galactose e arabinose aparecem antes da PG.

A PG têm sido extensivamente estudada a nível molecular em tomate (Fischer e Bennett, 1991). Têm-se verificado que mutantes de tomates com os genes *rin*, *nor*, *Nr* ou *alc*, reduzem a transcrição da PG, provavelmente por não acumular o RNA mensageiro que a codifica (DellaPenna, Kates e Bennett, 1987, Lincoln e Fischer, 1988; Biggs e Handa, 1989; Mutschler et al., 1992). Porém, estes genes podem trazer alguns efeitos não desejáveis no "flavor" e na cor dos frutos (Mutchler et al., 1992). Devido a isto, têm-se tentado construir um gene sintético através de técnicas de antisense de RNA para inibir especificamente a síntese da PG, alterando apenas o metabolismo de pectina e a textura dos frutos (Schuch et al., 1991). No entanto, esta metodologia pode ser falha, devido a PG não ser o único determinante da hidrólise de substâncias da parede celular (Theologis et al., 1992).

Trabalhos com tomates transgênicos têm questionado o papel da PG no amaciamento (Smith et al., 1988; Giovannoni et al., 1989; Smith et al., 1990). Tomate expressando o gene sintético de PG produzido por antisense de RNA desenvolveram

somente 1% de seus níveis normais de PG e foram inibidos na despolimerização de poliuronídeos durante a maturação. Contudo, estes frutos amaciaram. A solubilização de poliuronídeos não foi afetado pela expressão da PG antisense (Smith et al., 1990). Algumas hipóteses sugerem que, modificações nos açúcares neutros não celulósicos componentes da parede celular (Knee, 1973; Knee, Sargent e Osborne, 1977; Wallner e Bloom, 1977; Gross e Sams, 1984; Mc Collum, Huber e Cantliffe, 1989;), síntese de tipos de polímeros modificados (Knee, 1978; Huber, 1984; Mitcham, Gross e Timothy, 1989) e a presença de cálcio móvel (Suwwan e Pooviah, 1978; Rigney e Wills, 1981 e Pooviah, Glenn e Reddy, 1988), possam estar envolvidos neste fenômeno.

Conforme revisado por Fischer e Bennett (1991), a PG de tomate é composta por três isoenzimas, PG₁, PG_{2A} e PG_{2B}. As isoenzimas PG_{2A} e PG_{2B} são compostas de uma única subunidade catalítica da PG e diferem uma da outra pelo grau de glicosilação (Della Penna e Bennett, 1988). Durante o amadurecimento do tomate a PG₁ acumula-se primeiro, seguida pela PG_{2A} e PG_{2B}. As relações destas isoenzimas com outras e com o gene para PG, têm sido o foco de vários estudos recentes para se entender a função da PG e o papel destas isoenzimas na degradação da pectina (DellaPenna et al., 1990; Knecht et al. 1991; Huber, 1991; Huber, 1992). O papel de cada isoenzima no processo de amadurecimento têm sido controvertido. Pressey (1986) sugeriu que a PG₁ é apenas um artefato da extração, sendo que a PG_{2A} e PG_{2B} são as únicas isoenzimas ativas presente *in vivo*, contudo Knecht et al., (1988, 1991) e Zheng, Watson e DellaPenna (1994), têm apresentado dados contrários neste aspecto e propõem que a associação da isoenzima PG_{2A} com uma subunidade não catalítica ("PG converter", uma glicoproteína, provavelmente a lectina) para formar PG₁, é requerida para a própria manutenção da PC, uma vez que esta glicoproteína, representa um importante papel na imobilização, estabilização e regulação da atividade de proteínas enzimáticas na PC. Portanto, a isoenzima fisiologicamente ativa seria a PG₁. De acordo com Della Penna et al. (1990), a solubilização e despolimerização de poliuronídeos alcançaram níveis máximos em fruto transgênico *rin* antes do aparecimento das isoenzimas PG₂, sugerindo que a PG₁, PG_{2A} e PG_{2B} resultam do processamento diferencial de um único gene, sendo que a isoenzima PG₁ é suficiente

para causar a solubilização e despolimerização de poliuronídeos *in vivo*. Estudos com tomate expressando gene sintético de PG produzido por antisense, têm sugerido que as diferentes isoenzimas PG são responsáveis por aspectos distintos na degradação das pectinas, com a PG₁ agindo na solubilização de pectinas da PC, enquanto as isoenzimas PG₂ são responsáveis pela despolimerização das pectinas, (Smith et al., 1990).

Segundo Barret e Gonzalez (1994), dois tipos de PG têm sido identificadas em tomate (endo e exo-PG). A endo-PG hidrolisa ao acaso as ligações glicosídicas enquanto a exo-PG hidrolisa ligações somente no final terminal da molécula de pectina. A atividade de ambas geralmente aumenta durante a maturação quando as pectinas da parede celular e lamela média são hidrolisadas, pois, embora a PG esteja presente na parede celular antes do estágio "breaker", a enzima parece ser limitada em sua capacidade para liberar componentes uronídeos, neste estágio, presumivelmente devido ao nível alto de substrato esterificado (DellaPenna, Alexander e Bennett, 1986).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados híbridos F₁ experimentais de tomates do grupo Multilocular provenientes de um experimento de seleção genética instalado em Tirapuã, distrito de Lavras (MG), sobre um Latossolo Gley Pouco Húmico, em Setembro de 1992. O clima da região, segundo Köppen, é cwb com uma estação seca entre abril e setembro e uma chuvosa entre outubro a março.

TABELA 1. Precipitações referente ao ano de 1992. Dados fornecidos pela estação de bioclimatologia do Departamento de Biologia da UFLA.

MÊS	PRECIPITAÇÃO(mm)
Janeiro	717,9
Fevereiro	242,0
Março	233,2
Abril	111,0
Maio	93,9
Junho	3,5
Julho	4,1
Agosto	25,4
Setembro	157,8
Outubro	143,8
Novembro	236,0
Dezembro	131,0

3.1 Obtenção dos híbridos F_1 e caracterização dos progenitores

Os tratamentos foram constituídos pelos híbridos F_1 tomates do grupo Multilocular obtidos pelo cruzamento da linhagem materna BPX-308B hv (macho estéril) com as seguintes linhagens ou variedades: BPX-127H; BPX-105H; Stevens; Rotam-4; BHRS-2-3; Florida1-B; Tropicana e Piedmont (parentais masculinos). Como testemunhas foram utilizados os frutos da linhagem Tropicana (variedade de polinização aberta (op)) e do híbrido comercial Ogata Fukuju, totalizando desta maneira 10 tratamentos.

Na obtenção dos híbridos, o parental feminino (BPX-308B hv), foi semeado em bandejas, onde posteriormente foram eliminadas as plantas segregantes (macho férteis), através da seleção pela cor do hipocótilo. As plantas macho estéreis possuíam hipocótilo verde devido ao loco do gene *aa* ("anthocyanin absent") encontrar-se fortemente ligado ao loco do gene *ms-35*, que condiciona a macho esterilidade. Os parentais masculinos foram semeados diretamente em vasos, em casa de vegetação. O pólen dos progenitores masculinos foi coletado, e procedeu-se a polinização manual do progenitor feminino. Os cruzamentos foram conduzidos até o sexto cacho de flores, em seguida o broto apical foi cortado e os frutos colhidos no estágio maduro. As sementes híbridas F_1 foram extraídas por processo manual, fermentadas por 72 horas em recipientes de plásticos, com agitações diárias, e em seguida lavadas e secas à sombra.

Os progenitores utilizados na obtenção dos híbridos possuíam as seguintes características:

Linhagem BPX-308B hv - Progenitor feminino comum a todos os híbridos obtidos. Possui o gene *ms-35* para macho esterilidade (fortemente ligado ao gene *aa*) que, quando em homozigose, condiciona o fenótipo hipocótilo verde, o que facilita a identificação da macho esterilidade na fase de plântula. Possui também o gene *og^c* ("old gold crimson"), associado ao gene *sp⁺* que, em homozigose condicionam maior teor de licopeno nos frutos e hábito de crescimento indeterminado, respectivamente.

Linhagem BPX-127H - Linhagem homozigótica para o locus "alcobaça" que condiciona maior conservação pós-colheita dos frutos. É isogênica à cultivar americana Tropic.

Linhagem BPX-105H - Linhagem resistente a nematóides e homozigótica para os genes *og^c* ("old gold crimson") e *hp* ("high pigment"), que condicionam maior teor de licopeno nos frutos maduros e, no caso do *hp*, também maior teor de β -caroteno.

Variedade Stevens - Procedente da África do Sul, com resistência ao vírus do grupo vira-cabeça (Topvirus).

Variedade Rotam-4 - Procedente da África do Sul, é resistente a nematóides e murcha bacteriana.

Linhagem BHRS-2-3 - Procedente da Austrália, é resistente às raças 1, 2 e 3 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Synd e Hans.

Variedade Flórida1-B - Procedente da universidade da Flórida (EUA).

Linhagem Tropicana - Resistente a nematóides e isogênica à cultivar americana Tropic, e portanto, de "background" genético semelhante à linhagem BPX- 127H. Usada também como variedade de polinização aberta (op).

Variedade Piedmont - Procedente dos Estados Unidos (Carolina do Norte), possui o gene *Ve*, que confere resistência à raça 1 de *Verticillium dahliae* Kleb, e o gene *I-2*, que confere resistência às raças 1 e 2 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Synd e Hans, além de apresentar resistência a todo tipo de rachadura do fruto, possui ainda o gene *u* que confere maturação uniforme ao fruto, ausência de ombro verde (Gardner, 1985).

As características do híbrido comercial Ogata Fukuju são as seguintes: Híbrido F₁ de origem japonesa, usada como testemunha comercial, apresenta consistência do fruto maduro muito mole, mas de bom aspecto e tamanho médio

TABELA 2. Constituição genotípica dos tratamentos relativamente aos locos alcobaça, crimson e high pigment.

Tratamentos avaliados	Genótipos nos locos		
	Alcobaça	Crimson	High pigment
F ₁ (BPX 308B hv x linhagem BPX- 127H)	+ / alc	+ / og ^c	+ / +
F ₁ (BPX 308B hv x linhagem BPX- 105H)	+ / +	og ^c / og ^c	+ / hp
F ₁ (BPX 308B hv x variedade Stevens)	+ / +	+ / og ^c	+ / +
F ₁ (BPX 308B hv x variedade Rotam- 4)	+ / +	+ / og ^c	+ / +
F ₁ (BPX 308B hv x linhagem BHRS-2-3)	+ / +	+ / og ^c	+ / +
F ₁ (BPX 308B hv x variedade Flórida 1B)	+ / +	+ / og ^c	+ / +
F ₁ (BPX 308B hv x Tropicana)	+ / +	+ / og ^c	+ / +
F ₁ (BPX 308B hv x variedade Piedmont)	+ / +	+ / og ^c	+ / +
Test. polinização aberta (op) Tropicana	+ / +	+ / +	+ / +
Test. comercial híbrido F ₁ O. Fukuju	+ / +	+ / +	+ / +

+ / + : normal

+ / alc: heterozigoto para alcobaça

og^c / og^c : homozigoto para crimson

+ / og^c : heterozigoto para crimson

+ / hp: heterozigoto para high pigment

Informações fornecidas pelo professor Wilson Roberto Maluf, Melhorista, Departamento de Agricultura, UFLA.

3.2 Cultivo, colheita e seleção do frutos

Os tomateiros foram cultivados em fileiras-duplas espaçadas em 1m no espaçamento maior e em 0,40m no espaçamento menor, sendo o espaçamento entre

covas de 0,50m. Foram mantidas uma planta por cova e uma haste por planta. Adubações de plantio foram equivalentes a 80, 400, e 240 kg de N; P_2O_5 e K_2O por hectare respectivamente. A adubação de cobertura foi feita na base de 120 kg de K_2O por ha, parceladas aos 20, 40, 60 e 80 dias após o transplante. Foram também feitas adubações foliares com ácido bórico, sulfato de zinco, sulfato de magnésio, sulfato de cobre, molibdato de sódio e cloreto de cálcio nas concentrações de 0,01; 0,1; 0,1; 0,05; 0,01 e 0,1 %, respectivamente, a cada quinzena. A irrigação foi feita por sulco, quando necessária, já que o período de cultivo correspondia ao período de precipitação natural. Os frutos foram colhidos manualmente na parte da manhã no estágio verde-maturo, mantendo-se o pedúnculo dos mesmos conforme recomendação de Hobson (1987). Sendo que o híbrido F_1 (BPX 308B hv x Stevens), não retém pedúnculo quando maduro. Durante a colheita foi feita uma pré-seleção, procurando-se colher os frutos da posição mediana da planta, com o mesmo grau de maturação, ausência de injúrias, infeções e defeitos. Os frutos foram acondicionados em caixas de papelão ventiladas de 44x34x21cm, e transportadas para o Laboratório de Bioquímica e Fisiologia Pós-colheita de Frutos do Departamento de Ciências dos Alimentos (DCA) da UFLA, onde foram submetidos a lavagem em água corrente para retirar o calor de campo. Em seguida, foram imersos em solução de hipoclorito de sódio a 2,5% por 3 minutos para a desinfecção e secos ao ar com o auxílio de um ventilador. Após a secagem, foi realizada uma nova seleção, considerando além dos parâmetros acima mencionados, o tamanho dos frutos, visando maior uniformidade nas parcelas. Utilizou-se um delineamento em blocos casualizados (DBC) onde, as unidades experimentais foram constituídas por 7 frutos para cada um dos 10 tratamentos de híbridos, separados em 3 blocos, conforme delineamento utilizado no campo. Cada bloco constou de 70 frutos e o experimento de 210 frutos. Os 7 frutos de cada unidade experimental foram acondicionados em bandejas plásticas (25x30cm) e mantidos em recinto com temperatura de $20^{\circ}C \pm 2$ e umidade relativa entre 85-90%. Destes frutos, 4 foram analisados quanto a sua atividade enzimática de PME e PG nos estádios verde-maturo, "breaker", maduro e vermelho-maturo. Os 3 frutos restantes foram deixados para atingir o estágio vermelho-maturo para as demais análises.

Para separar os 4 estádios de maturação empregou-se uma escala subjetiva para a descrição das classes usadas na avaliação da taxa de maturação baseada no desenvolvimento da cor, adaptada de Pratt e Workman (1962), como se segue:

TABELA 3. Descrição dos estádios de maturação de tomates, adaptada de Pratt e Workman (1962).

SÍMBOLO	CLASSE	DESCRIÇÃO
VM	Verde Maduro	Frutos inteiramente verdes, mas maduro fisiologicamente
BR	Breaker	Frutos com quebra de coloração verde
M	Maduro	Frutos totalmente vermelhos (qualidade comestível)
RR	Vermelho Maduro	Frutos intensamente vermelhos, porém firmes

3.3 Análises laboratoriais

3.3.1 Avaliações físicas

As avaliações físicas foram realizadas individualmente nos frutos integrais.

- Peso do fruto (g): determinado com auxílio de balança semi-analítica mettler modelo PC2000.
- Diâmetro do fruto (cm): determinado na secção transversal e longitudinal do fruto com auxílio de paquímetro.
- Espessura da polpa (cm): determinada em 4 pontos distintos, após o corte transversal do fruto.
- Nº de lóculos: determinado visualmente através de contagem.

-Textura: medida nos frutos após retirar uma pequena porção da casca, através de penetrômetro Magness-Tayler, com "Pluger" de 7,94 mm de diâmetro. Os resultados foram expresso em Newtons após a multiplicação pelo fator 4.11, onde maiores valores indicam frutos mais firmes.

3.3.2 Avaliações físico-químicas e químicas

As avaliações físico-químicas e químicas foram realizadas em homogenato obtido após a trituração do fruto em multiprocessador.

-pH: determinado em filtrado do homogenato dos frutos através de potenciômetro Digimed modelo DMpH-2.

-ATT: determinada em filtrado do homogenato dos frutos segundo técnica recomendada pelo Instituto Adolfo Lutz (1985), e expressa em porcentagem de ácido cítrico.

-SST: determinado em filtrado do homogenato dos frutos através de refratômetro tipo ABBÉ, segundo recomendação da AOAC (1992).

-Relação SST/ATT: obtida pelo quociente entre SST e ATT.

-Açúcares totais: extraídos com álcool etílico 70%, a quente e determinados pelo método de Antrona, Dische (1962).

-Vitamina C total: extraída com ácido oxálico a 0,5% e determinada pelo método colorimétrico, utilizando-se 2,4-dinitrofenilhidrazina. Após oxidação do ácido ascórbico a dehidroascórbico, a leitura foi feita a 525nm de acordo com método descrito por Cambraia et al. (1971).

-Licopeno: extraído de discos cortados do pericarpo dos frutos na região equatorial, homogeneizados em 15ml de acetona/ hexano (4:5 v/v), centrifugados a $12.000 \times g/10\text{min}$. decantou-se o sobrenadante e completou-se o volume para 20ml com acetona/hexano. O extrato obtido foi lido em espectrofotômetro de feixe duplo, modelo Shimadzu UV-190, no comprimento de onda 502nm. O conteúdo de licopeno foi calculado usando o coeficiente de extinção molecular de $17,02 \times 10^4 \text{ mol.cm}^{-1}$, e os resultados foram expressos em μg de licopeno. g^{-1} de peso fresco (Mencarelli e Saltveit Jr., 1988).

-Pectina total e solúvel: extraídas segundo técnica descrita por McCready e McComb (1952), e determinadas colorimetricamente conforme técnica modificada por Bitter e Muir (1962). Os resultados foram expressos em mg de ácido galacturônico/100g de fruto.

3.3.3 Avaliações bioquímicas

-Atividade enzimática: Os extratos brutos das enzimas foram obtidos segundo a metodologia descrita por Pressey e Avants (1982) e Jen e Robinson (1984). A atividade da PME foi medida usando-se uma modificação do métodos de Rouse e Atikins (1955), citado por Jen e Robinson (1984). Pectina cítrica 1% e NaCl 0,1M, ajustados a pH 7,0 foram utilizados como substrato em temperatura ambiente. A taxa de desmetilação da pectina foi medida a temperatura ambiente pela titulação com hidróxido de sódio 0,025M usando potenciômetro Digimed modelo DMpH-2. Uma unidade da atividade de PME foi definida como a quantidade de enzima capaz de

catalisar a desmetilação de pectina correspondente ao consumo de um nanomol de NaOH por 10 minutos. A atividade da enzima PG foi determinada pela incubação do extrato enzimático com ácido poligalacturônico (substrato) por 3 horas a 30°C. A reação foi interrompida pela colocação das amostras em banho fervente por 3 minutos. Os açúcares redutores liberados após cessada a atividade enzimática foram doseados pelo método de Nelson (1944). Uma unidade de atividade de PG foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a formação de 1 nanomol de açúcar redutor por minuto sob as condições do ensaio.

3.4 Análises estatísticas

As variáveis foram analisadas estatisticamente utilizando-se de um delineamento em blocos causalizados (DBC) constituídos dos 10 tratamentos de cultivares de tomate e 3 blocos; Com exceção das atividades das enzimas PME e PG em que foi empregado um DBC em esquema fatorial 10 x 4, 10 tratamentos de cultivares de tomate e 4 estádios de maturação (verde-maturo, "breaker", maduro e vermelho-maturo), com 3 blocos.

As análises de variâncias e testes de médias, assim como as correlações lineares entre as variáveis, foram estudadas utilizando-se o programa estatístico SANEST (Sarriés et al., 1992).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características físicas

4.1.1 Peso de frutos, diâmetro longitudinal e diâmetro transversal

As médias de peso de frutos, diâmetro transversal e diâmetro longitudinal encontram-se na Tabela 4. Não observou-se diferenças significativas entre as cultivares avaliadas para estas variáveis, exceto a testemunha híbrido F₁ Ogata Fukuju que possuía diâmetro longitudinal menor que as demais cultivares. Os diâmetros longitudinal, transversal e peso são responsáveis pela forma e tamanho de fruto, características estas, utilizadas para distinguir diferentes cultivares de tomate (Chitarra e Chitarra, 1990). Estas características também podem levar os frutos a serem rejeitados pelo consumidor, pois frutos muito pequenos ou com formato anormal, dificultam o manuseio, e a embalagem, e tem pouco valor comercial. A avaliação visual é o procedimento mais comum para a seleção inicial de todo produto. Wolters e Van Gemert (1990) afirmaram que, o tamanho do fruto é o atributo mais importante seguido pela firmeza e cor na escolha de tomates *in natura* pelos consumidores. Como a maioria dos frutos são comercializados de acordo com o peso, este torna-se um importante fator econômico. O fato de não haver diferenças significativas entre as cultivares para estas características não significa que, as mesmas tenham o mesmo valor comercial, pois, os frutos que compuseram cada tratamento foram selecionados, buscando uniformidade visual de tamanho e forma, consequentemente esta seleção poderá ter eliminado a variabilidade para estas características.

TABELA 4. Peso, diâmetros longitudinal e transversal de híbridos F₁ de tomates do grupo Multilocular. UFLA/ DCA, Lavras-MG, 1995.

Híbridos F ₁ avaliados	Peso (g)	Diâmetro (cm)	
		Longitudinal	Transversal
F ₁ (BPX 308B hv x BPX-127H)	186,31a	5,10a	6,76a
F ₁ (BPX 308B hv x BPX-105H)	208,24a	5,03a	6,93a
F ₁ (BPX 308B hv x Stevens)	171,75a	5,13a	6,34a
F ₁ (BPX 308B hv x Rotam-4)	191,12a	5,11a	6,66a
F ₁ (BPX 308B hv x BHRS-2-3)	217,49a	5,34a	6,59a
F ₁ (BPX 308B hv x Flórida-1B)	209,27a	5,24a	6,71a
F ₁ (BPX 308B hv x Tropicana)	202,03a	5,26a	6,78a
F ₁ (BPX 308B hv x Piedmont)	196,41a	5,30a	6,90a
linhagem Tropicana(op)	185,37a	5,08a	6,84a
híbrido F ₁ Ogata. Fukuju	152,61a	4,46b	6,20a
CV (%)	17,28	4,86	8,15

As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de DUNCAN 5%

De acordo com Melo (1991), tomates do grupo Multilocular tradicionalmente pesam em média mais de 250 g. As cultivares avaliadas, possuem frutos com peso ligeiramente abaixo desta média, uma tendência que vem-se acentuando entre os híbridos mais recentes (W.R. Maluf, informação pessoal), obtendo-se assim tomates mais uniformes quanto ao tamanho e forma, o que facilita o manuseio, a classificação e a embalagem. Consequentemente, obtém-se uma melhor aceitação dos mesmos no consumo *in natura*. O peso dos frutos correlacionou-se positivamente com os diâmetros longitudinal e transversal (Figura 1a e 1b), indicando que o aumento de tamanho de tomates do grupo Multilocular reflete diretamente em um aumento de sua massa. Não encontrou-se, porém, correlação significativa entre os diâmetros dos frutos e o número de lóculos, embora Kemble e Gardner (1992), tenham constatado que além do peso, o número de lóculos contribui diretamente para o tamanho do fruto.

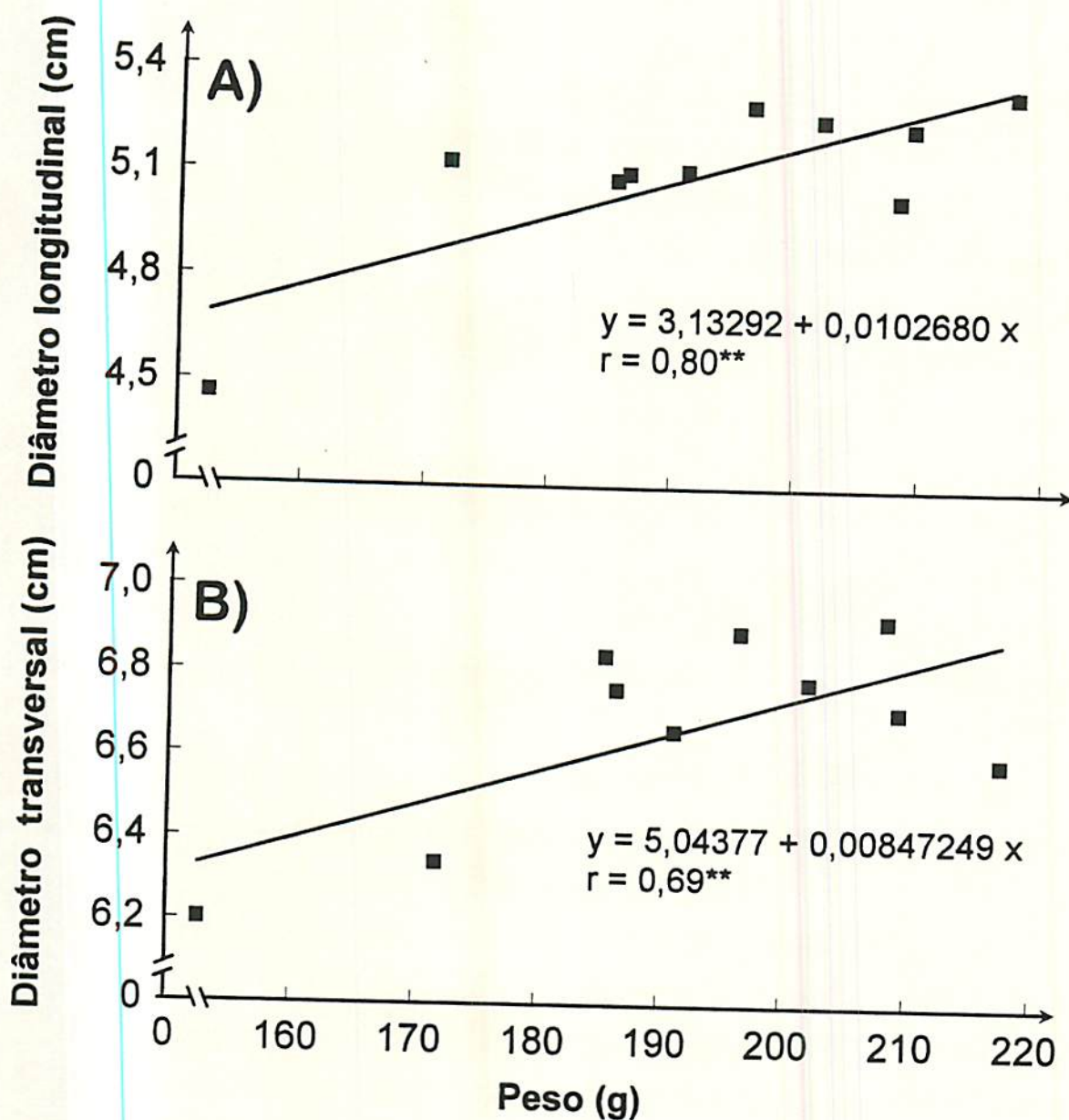


Figura 1. Regressão linear e coeficiente de correlação entre peso e diâmetros longitudinal (A) e transversal (B) de híbridos F_1 de tomate do grupo Multilocular. **: correlação significativa a 1% pelo teste t de Student.

4.1.2 Número de lóculos, espessura da polpa e textura

As médias para número de lóculos, espessura da polpa e textura, encontram-se na Figura 2. Observou-se um menor número de lóculos nos híbridos F_1 (BPX 308B hv x Piedmont) e F_1 (BPX 308B hv x Stevens) em relação aos híbridos F_1 (BPX 308B hv x BPX-127H), F_1 (BPX 308B hv x BPX-105H), F_1 (BPX 308B hv x Flórida 1B), e as testemunhas linhagem Tropicana(op) e híbrido F_1 Ogata Fukuju, porém, não diferindo dos híbridos F_1 (BPX 308B hv x Rotam-4), F_1 (BPX 308B hv x BHRS-2-3) e F_1 (BPX 308B x Tropicana). O híbrido F_1 (BPX 308B hv x BPX-105H) e a testemunha híbrido F_1 Ogata Fukuju apresentaram os maiores números de lóculos, apenas não sendo significativamente superiores em relação aos híbridos F_1 (BPX 308B hv x BPX-127H), F_1 (BPX 308B hv x Flórida 1B) e a testemunha linhagem Tropicana(op) (Figura 2a). Portanto, o processo de melhoramento de plantas obteve sucesso na redução do número de lóculos, particularmente dos híbridos F_1 (BPX 308B hv x Piedmont) e F_1 (BPX 308B hv x Stevens), o que é uma característica desejável para aumentar a firmeza dos frutos.

Todas as cultivares avaliadas mostraram maior espessura de polpa quando comparadas com a testemunha o híbrido F_1 Ogata Fukuju (Figura 2b). A linhagem Tropicana(op) e os híbridos F_1 (BPX 308B hv x BPX-105H), F_1 (BPX 308B hv x Tropicana) apresentaram espessura da polpa fina em relação aos demais híbridos. As maiores espessuras de polpa foram obtidas pelos híbridos F_1 (BPX 308B hv x Piedmont), seguido por F_1 (BPX 308B hv x Stevens) e F_1 (BPX 308B hv x Rotam-4), (Figura 2b), sendo esta também uma característica desejável no melhoramento do tomate. A Figura 2c mostra os resultados obtidos para textura das cultivares. Verificou-se uma maior firmeza para o híbrido F_1 (BPX 308B hv x Stevens), seguido pelo híbrido F_1 (BPX 308B hv x Piedmont). Todas as cultivares, com exceção do híbrido F_1 (BPX 308B hv x BPX-105H), mostraram-se mais firmes que a testemunha o híbrido F_1 Ogata Fukuju. Os resultados obtidos encontram-se dentro da faixa de 10 a 18 N obtidas por Ahrens, Huber e Scott (1987), Ahrens e Huber (1990), para frutos inteiros

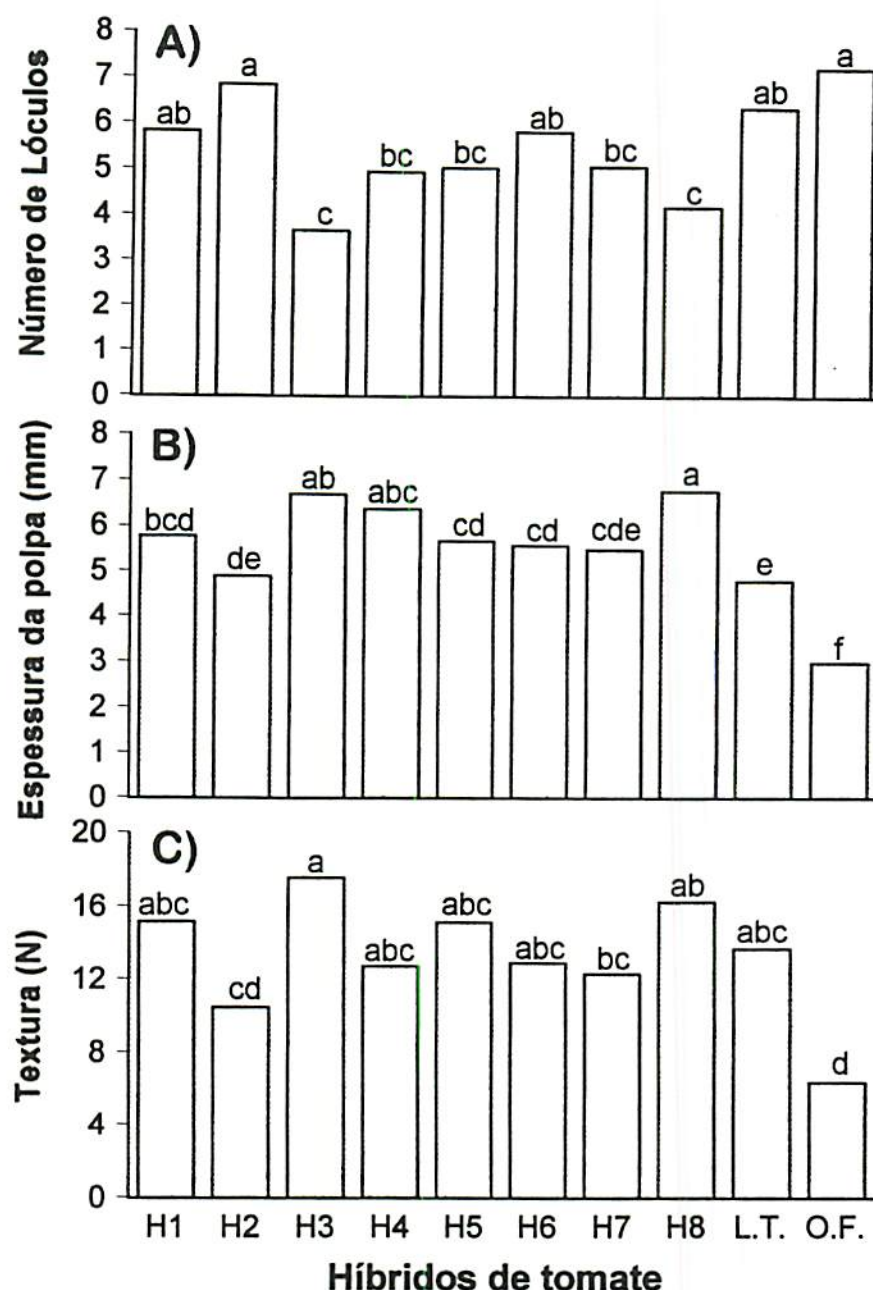


Figura 2. Valores médios para Número de lóculos (A), espessura da polpa (B) e Textura (C) de híbridos F_1 de tomate do grupo Multilocular no estágio de maturação vermelho maduro. H1: F_1 (BPX 308B hv x BPX 127H); H2: F_1 (BPX 308B hv x BPX 105H); H3: F_1 (BPX 308B hv x Stevens); H4: F_1 (BPX 308B hv x Rotam-4); H5: F_1 (BPX 308B hv x BHRS-2-3); H6: F_1 (BPX 308B hv x Flórida 1B); H7: F_1 (BPX 308B hv x Tropicana); H8: F_1 (BPX 308B hv x Piedmont); L.T.: Linhagem Tropicana (op); O.F.: Híbrido F_1 Ogata Fukuju. Barras com letras iguais: as médias não diferem pelo teste de Duncan a 5%.

de cultivares firmes. Segundo Mabbett (1989), a textura do tomate é influenciada pela espessura da casca, firmeza da polpa e também pela estrutura interna do fruto, ou seja, a relação pericarpo/material placentário. Assim, a maior firmeza dos híbridos F_1 (BPX 308B hv x Stevens) e F_1 (BPX 308B hv x Piedmont) pode ser explicada, em parte, pela maior espessura da polpa e um menor número de lóculos, já a ligeira superioridade do híbrido F_1 (BPX-308B hv x BPX-127H) sobre o híbrido F_1 (BPX-308B hv x Tropicana) pode ser explicada pela ação do gene *alcobaça* em heterozigose (+/*alc*) no primeiro, aspecto este realçado pelas correlações entre estas variáveis.

Observou-se também uma relação inversa entre o número de lóculos e a espessura da polpa (Figura 3a). Desta maneira, nas cultivares de tomate do grupo Multilocular estudadas, quanto maior o número de lóculos, menor a espessura da polpa. Esta relação influencia diretamente a firmeza dos frutos (Figura 3b e 3c).

Verificou-se correlação positiva entre espessura da polpa e textura (Figura 3b), e correlação negativa entre número de lóculos e textura (Figura 3c). Assim a estrutura dos lóculos e a espessura da polpa tem grande influência na firmeza de tomates, tal como verificado por Farkas (1994) que correlacionou a firmeza de tomates com o tamanho da columela, estrutura da parede radial, espessura da parede externa e estrutura das paredes loculares. Verificou que, frutos com estrutura da parede locular semelhante à rede são mais firmes que frutos com parede locular de distribuição regular. Além do aspecto da estrutura locular e espessura de polpa, a firmeza de frutos de tomates também é influenciada pela degradação de poliuronídeos da parede celular (PC) pela enzima poligalacturonase (PG), sendo este aspecto discutido mais adiante, neste estudo.

Uma rápida aceleração na síntese da PC, que ocorre em tomates de amadurecimento normal, pode resultar na liberação de fragmentos da PC biologicamente ativos, tais com resíduos de galactosil de baixo peso molecular, que ocorreriam antes do aumento inicial do ACC (ácido carboxílico 1 amino ciclopropano) e etileno (Tong e Gross, 1990), os quais também poderiam modificar a estrutura da PC

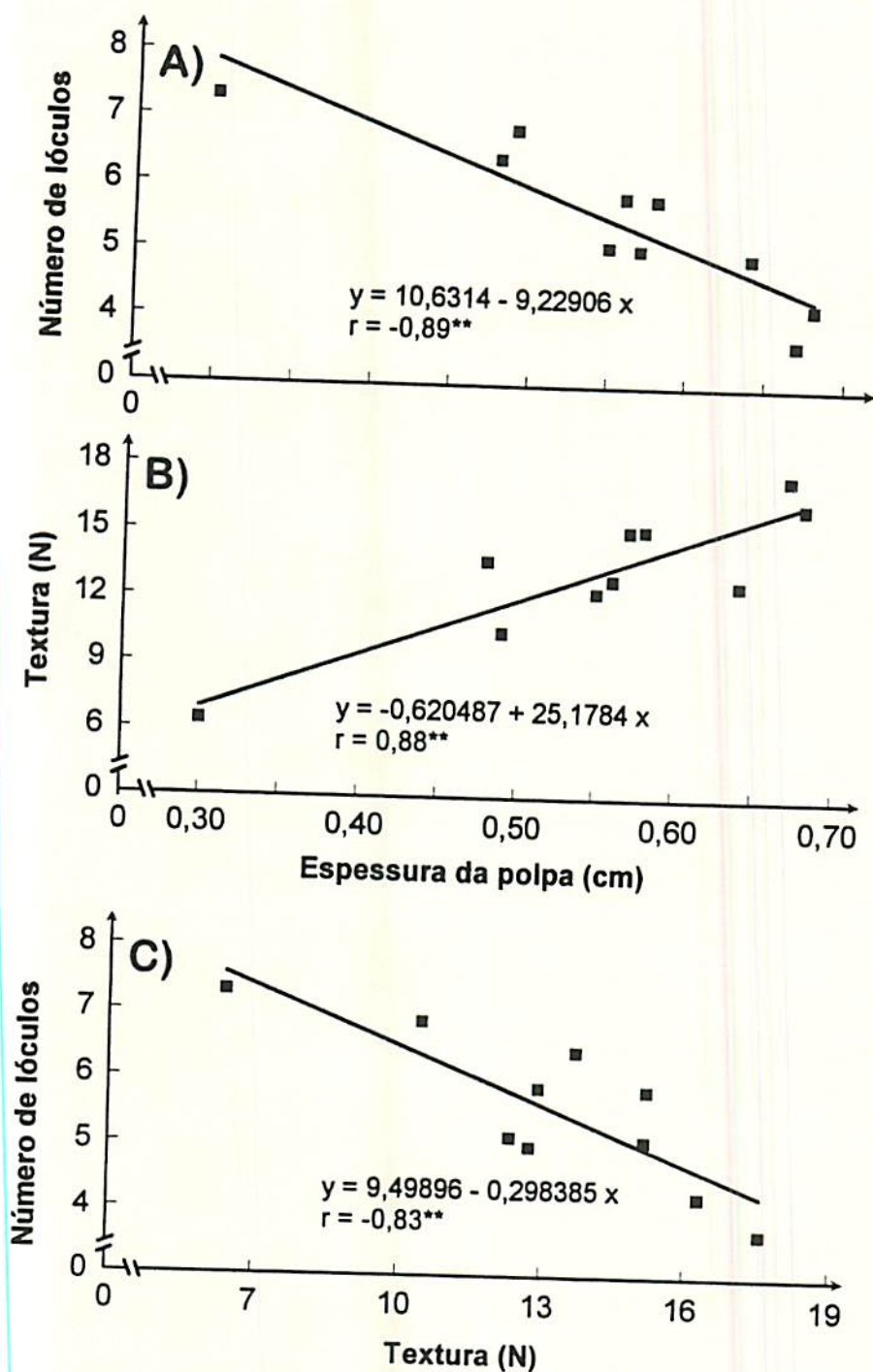


Figura 3. Regressão linear e coeficiente de correlação entre Espessura da polpa e Número de lóculos (A) e Textura (B) e entre Textura e Número de lóculos (C) de híbridos F₁ de tomate do grupo Multilocular no estágio de maturação vermelho maduro. **: correlação significativa a 1% pelo teste t de Student.

levando a um rápido amaciamento do tecido. A ausência desta rápida síntese da PC (Mitcham, Gross e Ng, 1991) que, geralmente ocorre em frutos com perfil diferente de amadurecimento com climatério respiratório atrasado, redução no pico de etileno e redução na atividade da enzima PG (Lobo, Bassett e Hannah, 1984), poderia também evitar que híbridos como F_1 (BPX 308Bhv x Stevens) e F_1 (BPX 308B hv x Piedmont) amaciem tão rapidamente quanto as testemunhas linhagem Tropicana(op) e híbrido F_1 Ogata Fukuju, devido a uma lenta modificação na estrutura da PC. Esta seria uma outra possível explicação para a manutenção da firmeza nestes híbridos. Os resultados obtidos indicam que os híbridos F_1 (BPX 308B hv x Stevens) e F_1 (BPX 308B hv x Piedmont), mesmo maduros, permanecem firmes o suficiente para serem manuseados e transportados ao mercado consumidor, conforme também verificado por Hall e Augustine (1981) por três anos consecutivos com tomates de cultivares firmes Flora-Dade e Florida MH-1 os quais foram manuseados por um período de 7 a 14 dias após a colheita no estágio maduro, mantendo a firmeza aceitável.

O híbrido F_1 (BPX 308B hv x BPX-127H), heterozigoto para o gene *alc* (*alcobaça*), diferiu significativamente em textura, apenas da testemunha híbrido F_1 Ogata Fukuju, mas mostrou-se numericamente superior ao híbrido F_1 (BPX 308B hv x Tropicana) de background genético semelhante. Estes resultados indicam que o gene *alc* foi potencialmente efetivo em aumentar a vida de prateleira neste híbrido. Mutschler et al. (1992) trabalhando, com híbridos heterozigotos para *alc* obtiveram em média um aumento de 60% na vida de prateleira em relação a linhagens de tomates de amadurecimento normal, além de efeito positivo sobre a firmeza dos frutos.

Há dificuldade em comparar os valores de textura obtidos neste estudo com os de outros trabalhos, devido a metodologia utilizada. Neste trabalho a textura foi avaliada em frutos inteiros, porém, o ideal seria avaliar a textura usando-se disco do pericarpo onde consegue-se uma medida mais precisa da firmeza dos mesmos (Mitcham, Gross e Ng, 1991), ou ainda o método de aplanção (Calbo e Nery, 1995).

4.2 Características físico-químicas e químicas.

4.2.1 Acidez total titulável (ATT) e pH

As médias de ATT e pH são apresentadas na Figura 4. Pode-se observar que as cultivares avaliadas não apresentaram grandes variações na ATT, cujos valores situam-se entre 0,33 e 0,43%. Apenas o híbrido F_1 (BPX 308B hv x BPX-105H) apresentou acidez significativamente superior ao híbrido F_1 (BPX 308B hv x BHRS-2-3). As demais cultivares não diferiram da testemunha híbrido F_1 Ogata Fukuju (Figura 4a).

Durante a maturação do tomate, a acidez máxima coincide com os primeiros sinais de coloração amarela (estádio "breaker"), diminuindo progressivamente com o aparecimento da cor rosa (Hobson e Davies, 1971), ou a medida que o fruto avança para o completo amadurecimento (Hobson, 1987; Picha, 1987). Isto provavelmente contribuiu para a pouca diferença de ATT entre as cultivares, uma vez que esta avaliação foi realizada no estágio de maturação vermelho maduro.

Os valores obtidos encontram-se dentro da faixa citada por Gull et al. (1989) que observaram ATT entre 0,29 e 0,52% em tomates do grupo Multilocular no mesmo estágio de maturação, trabalhando com diferentes genótipos, locais e estações do ano. Valores semelhantes (0,47 a 0,58%) também foram obtidos por Young, Juvik e Sullivan (1993). Os valores de ATT obtidos encontram-se acima dos observados em tomates do grupo 'Santa Cruz', em torno de 0,27% (Barrett, 1990; Lima, 1992), mostrando que o grupo Multilocular possui tomates mais ácidos com sabor mais encorpado. Entretanto, um balanço adequado entre ATT e sólidos solúveis totais (SST) é necessário para se obter tomates com "flavor" excelente.

As cultivares analisadas possuem pH superior ao da testemunha híbrido F_1 Ogata Fukuju excetuando-se os híbridos F_1 (BPX 308B hv x BPX-127H), F_1 (BPX 308B hv x BPX-105H), F_1 (BPX 308B hv x Stevens) e F_1 (BPX 308B hv x Rotam-4) (Figura 4b). Os valores de pH variaram na faixa entre 3,88 e 4,12, próximos aos limites citados por Mutschler (1984b); Mencarelli e Saltveit Jr. (1988); Young, Juvik e Sullivan (1993) que obtiveram pH variando entre 4,0 e 4,58 para híbridos melhorados.

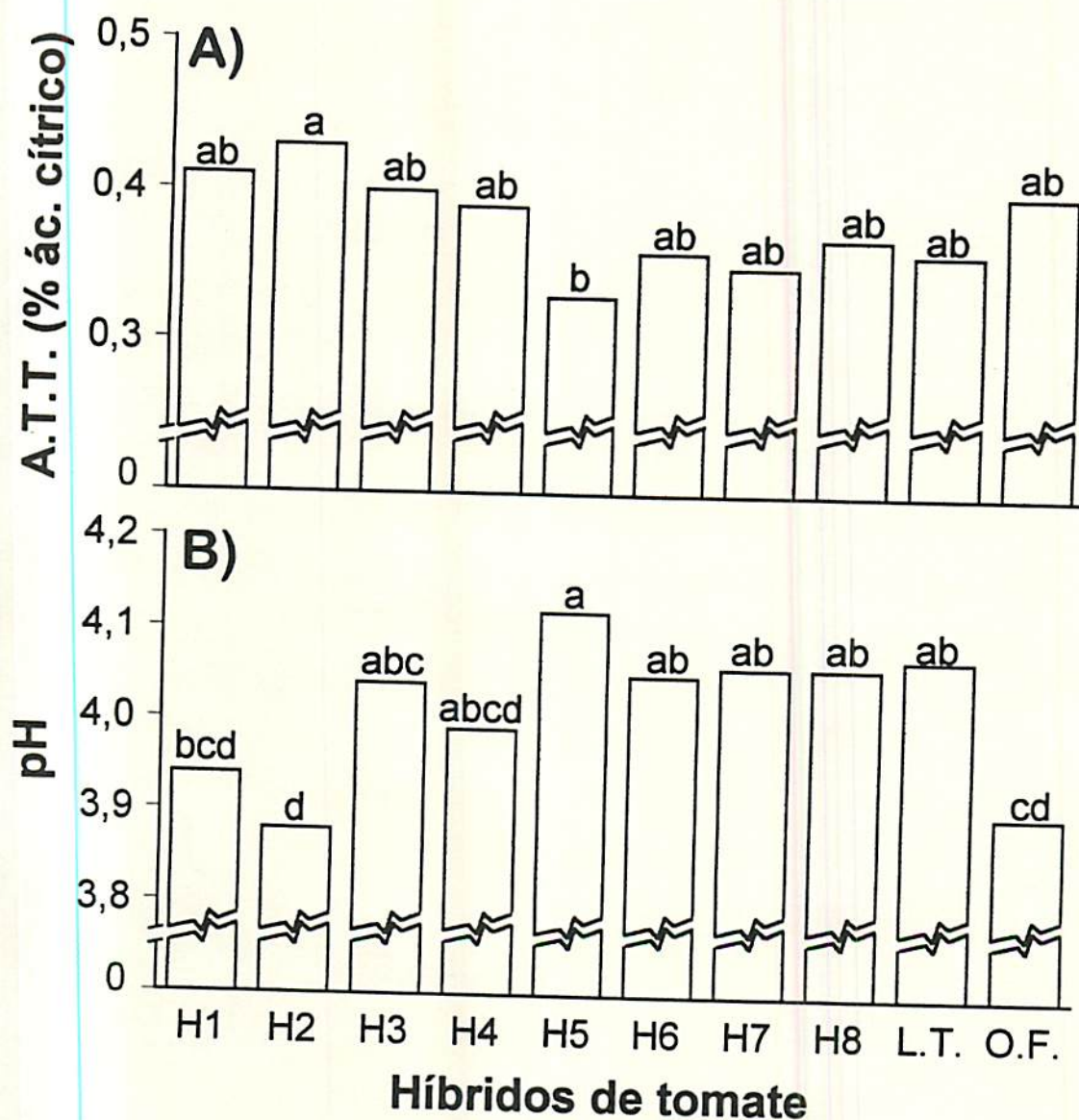


Figura 4. Valores médios para Acidez titulável-A.T.T.(A) e pH (B) de híbridos F_1 de tomate do grupo Multilocular no estágio de maturação vermelho maduro. H1: F_1 (BPX 308B hv x BPX 127H); H2: F_1 (BPX 308B hv x BPX 105H); H3: F_1 (BPX 308B hv x Stevens); H4: F_1 (BPX 308B hv x Rotam-4); H5: F_1 (BPX 308B hv x BHRS-2-3); H6: F_1 (BPX 308B hv x Flórida 1B); H7: F_1 (BPX 308B hv x Tropicana; H8: F_1 (BPX 308B hv x Piedmont); L.T.: Linhagem Tropicana (op); O.F.: Híbrido F_1 Ogata Fukuju. Barras com letras iguais: as médias não diferem pelo teste de Duncan a 5%.

Tal como a ATT, o pH também sofre a influência do estágio de maturação dos frutos de tomates (Hanna, 1961). Segundo Young, Juvik e Sullivan (1993), o pH de frutos de tomate decresce acentuadamente do estágio verde imaturo para o estágio "breaker", e após, aumenta até o estágio vermelho maduro.

No estágio de maturação vermelho maduro, nos quais as cultivares foram avaliadas, verificou-se uma relação inversa entre ATT e pH (Figura 5). Hobson e Davies (1971) sugerem que a relação inversa existente entre pH e ATT é decorrente de um sistema tampão do tipo ácido fraco/base forte, onde os ânions principais são o citrato e o malato e, o cátion presente é o potássio. Assim, grandes variações na acidez titulável provocam apenas pequenos efeitos sobre o pH.

4.2.2 Sólidos solúveis totais (SST) e relação SST/ATT

As médias de SST e da relação SST/ ATT encontram-se na Tabela 5. Observa-se que para SST não houve diferenças significativas entre as cultivares avaliadas.

Apenas a testemunha o híbrido F_1 Ogata Fukuju e o híbrido F_1 (BPX 308B hv x BPX-105H) mostraram valores um pouco superiores aos dos híbridos F_1 (BPX 308B hv x Rotam-4), F_1 (BPX 308B hv x BHRS-2-3) e F_1 (BPX 308B hv x Tropicana). As concentrações de SST entre 4,5 e 5,2%, estão dentro da faixa geralmente encontrada em híbridos comerciais (4,5% a 6%) Hewitt, Dinar e Stevens (1982). Frutos de espécies selvagens podem alcançar 15% de SST sugerindo potencial genético e fisiológico para o desenvolvimento de tomates com altas concentrações de SST, embora seja difícil conciliar alta produção com altos conteúdos de SST, pois, estas características são controladas por muitos genes (Young, Juvik e Sullivan, 1993).

Vários estudos (Winsor, Davies e Massey, 1962; Young, Juvik e Sullivan, 1993) tem relatado aumentos pronunciados nos SST associados com o início da pigmentação amarela no epicarpo do fruto (estádio "breaker"). Young, Juvik e Sullivan (1993) observaram que grandes diferenças entre híbridos de tomates para as concentrações SST, glicose, frutose e açúcares totais, ocorreram no estágio "breaker", sugerindo ser este o melhor estágio para se determinar aumentos no conteúdo de

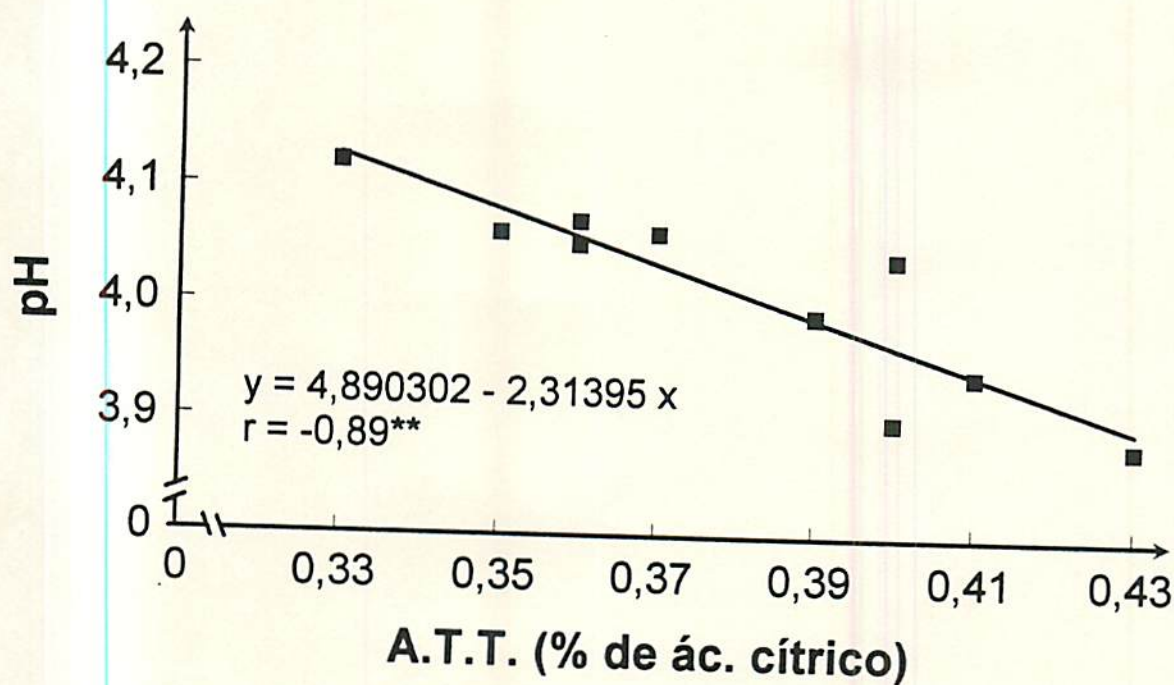


Figura 5. Regressão linear e correlação entre pH e ATT de híbridos F₁ de tomate do grupo Multilocular. **: correlação significativa a 1% pelo teste t de Student.

TABELA 5. Sólidos solúveis totais (SST) e relação SST/ATT de híbridos de tomates do grupo Multilocular. UFLA/ DCA, Lavras-MG, 1995.

Híbridos avaliados	SST(%)	SST/ ATT
F ₁ (BPX 308B hv x BPX-127H)	4,72a	11,66a
F ₁ (BPX 308B hv x BPX-105H)	5,22a	12,14a
F ₁ (BPX 308B hv x Stevens)	4,72a	11,88a
F ₁ (BPX 308B hv x Rotam-4)	4,56a	11,10a
F ₁ (BPX 308B hv x BHRS-2-3)	4,56a	13,10a
F ₁ (BPX 308B hv x Flórida-1B)	4,72a	13,18a
F ₁ (BPX 308B x Tropicana)	4,52a	12,85a
F ₁ (BPX 308B hv x Piedmont)	4,76a	12,85a
linhagem.Tropicana(op)	5,06a	14,08a
híbrido F ₁ Ogata Fukuju	5,22a	12,93a
CV (%)	6,27	11,05

As médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de DUNCAN 5%.

sólidos solúveis em tomates. Assim, a detecção de poucas diferenças no SST das cultivares avaliadas pode ser devido ao fato dos mesmos terem sido avaliadas no estágio de maturação vermelho-maduro.

Para a relação SST/ATT também não houve diferenças significativas entre as cultivares avaliadas (Tabela 5). Todas as cultivares apresentaram excelente "flavor" para consumo *in natura*, pois a proporção SST/ATT ficou entre 11 e 14. Os valores de SST e relação SST/ATT obtidos neste trabalho encontram-se próximos aos limites obtidos por Mutschler (1984b); Mencarelli e Saltveit Jr. (1988); Gull et al. (1989); Nguyen (1991); Tieman et al. (1992); Young, Juvik e Sullivan (1993) e Farkas (1987, 1994). O "flavor" do tomate é influenciado pela interação de vários compostos químicos, os quais sofrem uma série sequencial de reações bioquímicas, a partir do início do amadurecimento até a obtenção do "flavor" ideal, (Mabbett, 1989). De acordo

com Kader et al. (1978); Mencarelli e Saltveit Jr. (1988) um fruto é considerado de excelente qualidade quando apresenta para a relação SST/ATT valor superior a 10.

As características sensoriais tais como "flavor" e textura são importantes na produção de frutos e hortaliças, visto que a qualidade é determinada largamente por estas características. Tratos culturais, época de colheita, tratamento pós-colheita, controle genético (cultivar) podem influenciar nestes atributos de qualidade. Análises objetivas destas características poderão ser de interesse para melhoristas e fisiologistas pós-colheita ao selecionar novas cultivares de tomates para o consumo *in natura* (Dirinck, Depooter e Schamp, 1989). Frutos de alta qualidade são caracterizados por conter mais do que 0,32% de acidez titulável, 3% de SST e uma proporção SST/ATT maior que 10 (Mencarelli e Saltveit Jr., 1988). Desta forma os resultados obtidos indicam que todas as cultivares analisadas apresentaram excelente qualidade para o consumo *in natura*.

4.2.3 Açúcares totais

As médias do conteúdo açúcares totais são apresentados na Figura 6. As cultivares não diferiram da testemunha híbrido F_1 Ogata Fukuju. A testemunha linhagem Tropicana(op) mostrou-se superior aos híbridos F_1 (BPX 308B hv x BPX-127H), F_1 (BPX 308B hv x BPX-105H), F_1 (BPX 308B hv x Stevens), F_1 (BPX 308B hv x Rotam-4), F_1 (BPX 308B hv x BHRS-2-3) e F_1 (BPX 308B hv x Tropicana), não diferindo dos demais.

No geral, os açúcares totais aumentam progressivamente durante a maturação (Winsor, Davies e Massey, 1962; Balwin, Nisperos-Carriedo e Moshonas, 1991), coincidente com os primeiros sinais de coloração amarela (Davies e Kempton, 1975; Goodenough et al., 1982), porém, tem sido registrado um decréscimo no início da coloração do fruto (Winsor, Davies e Massey, 1962). Os resultados obtidos para açúcares totais neste estudo estão dentro da faixa de 1,76 a 4,26%, encontrada por Money e Christian (1950); Barrett (1990) e Schuch et al. (1991).

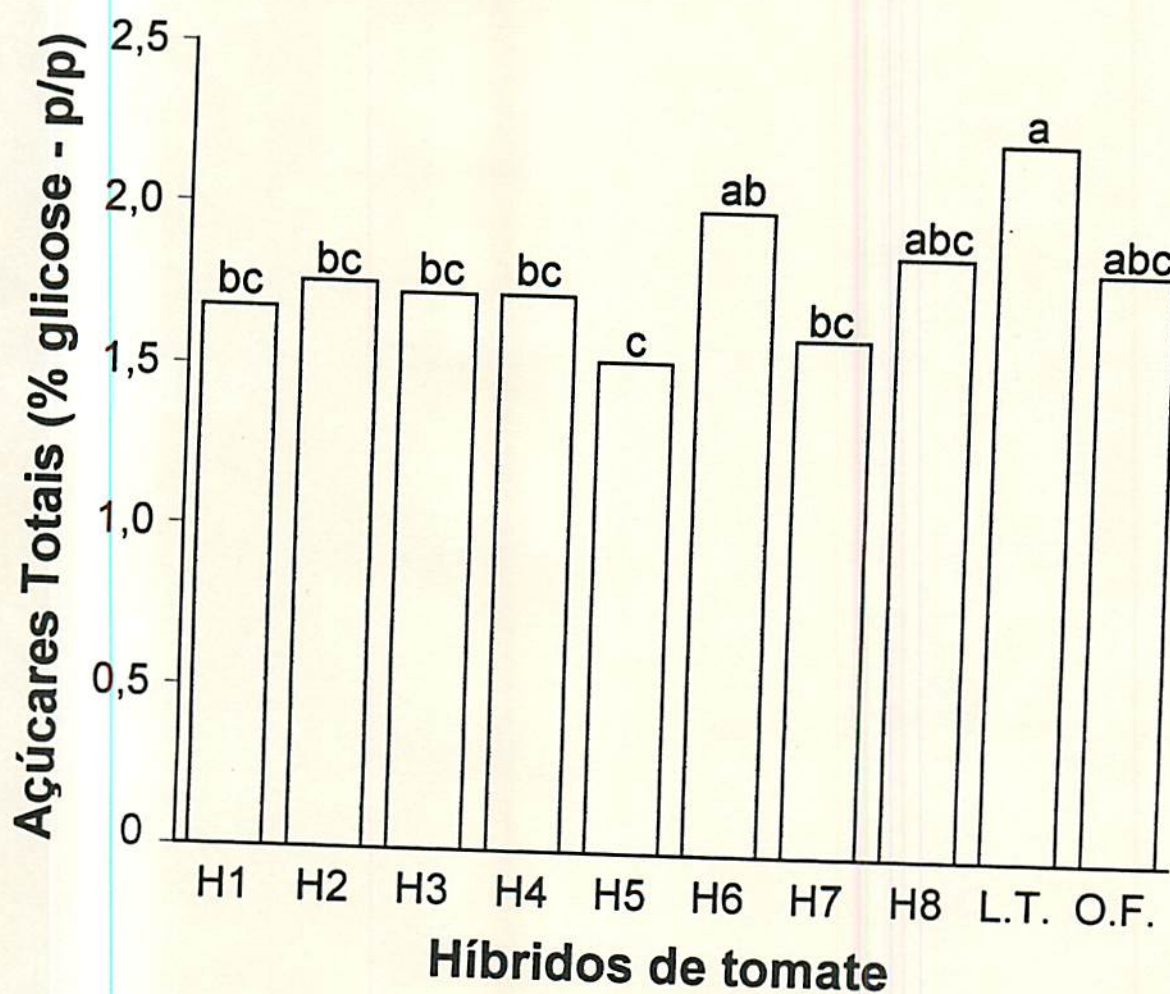


Figura 6. Teores médios de Açúcares totais em híbridos F_1 de tomate do grupo Multilocular no estágio de maturação vermelho maduro. H1: F_1 (BPX 308B hv x BPX 127H); H2: F_1 (BPX 308B hv x BPX 105H); H3: F_1 (BPX 308B hv x Stevens); H4: F_1 (BPX 308B hv x Rotam-4); H5: F_1 (BPX 308B hv x BHRS-2-3); H6: F_1 (BPX 308B hv x Flórida 1B); H7: F_1 (BPX 308B hv x Tropicana); H8: F_1 (BPX 308B hv x Piedmont); L.T.: Linhagem Tropicana (op); O.F.: Híbrido F_1 Ogata Fukuju. Barras com letras iguais: as médias não diferem pelo teste de Duncan a 5%.

Schuch et al. (1991) não encontraram diferenças significativas no conteúdo de sólidos solúveis, açúcares totais, acidez titulável e cor entre frutos de tomates normal e transgênico.

4.2.4 Vitamina C total (VCT)

As cultivares avaliadas foram significativamente superiores a testemunha híbrido F_1 Ogata Fukuju, exceto a outra testemunha linhagem Tropicana(op) e o híbrido F_1 (BPX 308B hv x BPX-105H) (Figura 7).

Os conteúdos de ácido ascórbico para todas as cultivares, exceto híbrido F_1 Ogata Fukuju (18,4 mg/100g de fruto fresco), linhagem Tropicana(op) (20,24 mg/100g de fruto fresco) e F_1 (BPX 308B hv x BPX-105H) (22,2 mg/100g de fruto fresco) encontram-se próximos aos limites de 25,7 a 28,1 mg/100g de fruto fresco estabelecidos por Warnock (1983) para a cultivar Campbell 35. Estes valores encontram-se acima do teor médio de 23 mg de ácido ascórbico por 100 g de fruto fresco, estabelecido pelo Departamento de Agricultura do Estados Unidos (1981), (Pantos e Markakis, 1973; Barrett, 1990).

O tomate é uma importante fonte de vitamina C na dieta, segundo Lincoln et al., (1943), 100 g de tomate fresco maduro fornecem de 10 a 44 mg de ácido ascórbico. Pela sua importância na dieta, tomates com teores mais altos de vitamina C são cada vez mais buscados pelos melhoristas de plantas. As cultivares avaliadas, devido ao avanço genético, apresentaram melhora nos teores de VTC em relação ao híbrido F_1 Ogata Fukuju, particularmente os híbridos F_1 (BPX 308B hv x Stevens) e F_1 (BPX 308B hv x Piedmont) que apresentaram os teores numericamente superiores aos demais.

O aumento do teor de Vitamina C pode ser resultado de uma síntese contínua de ácido L-ascórbico a partir de seu precursor, a glicose 6-fosfato e de um efeito aditivo da baixa taxa de respiração (Glenn, Reddy e Poovaiah, 1988; Wills e Tirmazi, 1981 e Singh, Singh e Chauhan, 1981). Poovaiah (1986), sugere que o cálcio aumenta o teor de ácido ascórbico, pois, o mesmo atua na manutenção da estrutura de compartimentalização, dificultando a translocação interna de substrato. Então a glicose

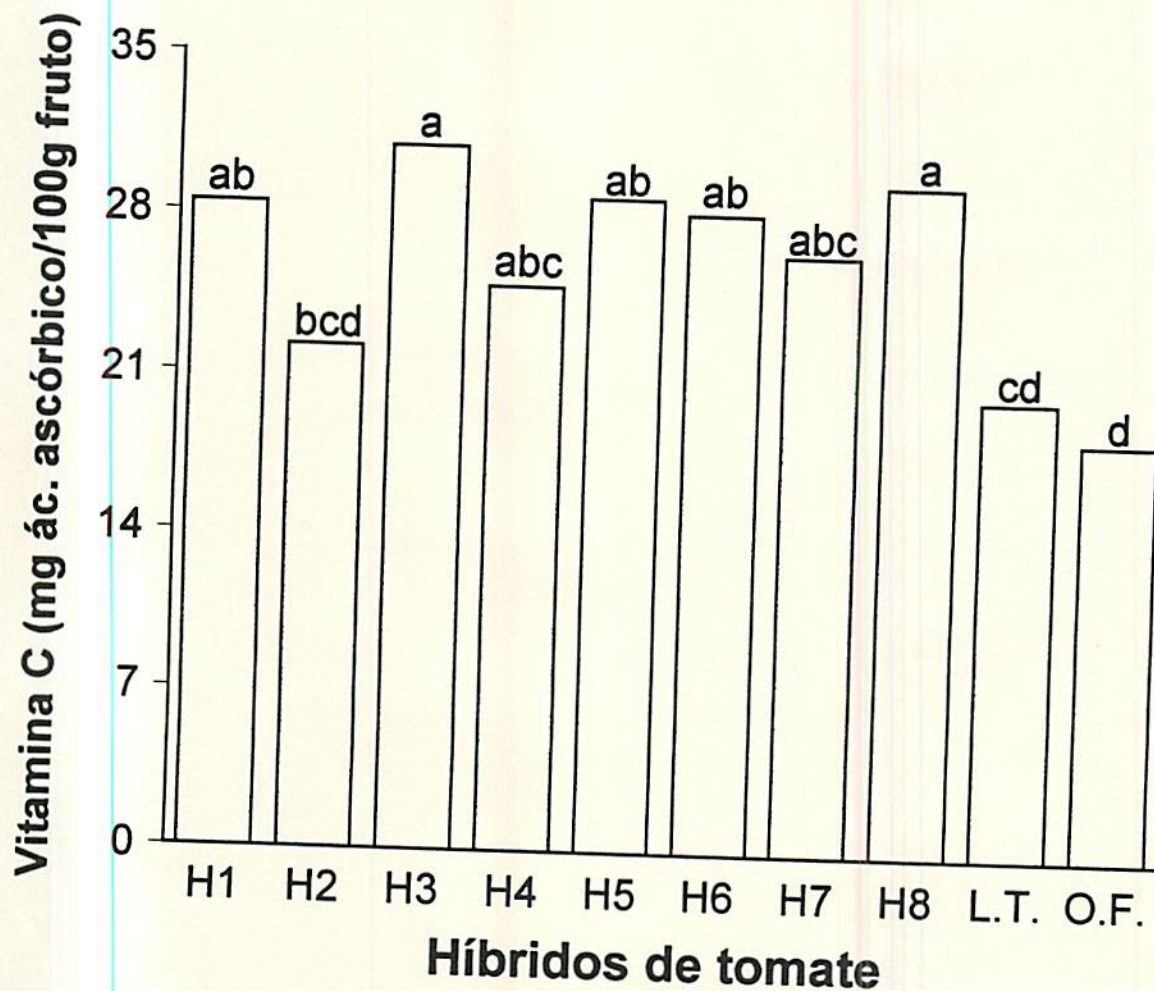


Figura 7. Teores médios de Vitamina C em híbridos F_1 de tomate do grupo Multilocular no estágio de maturação vermelho maduro. H1: F_1 (BPX 308B hv x BPX 127H); H2: F_1 (BPX 308B hv x BPX 105H); H3: F_1 (BPX 308B hv x Stevens); H4: F_1 (BPX 308B hv x Rotam-4); H5: F_1 (BPX 308B hv x BHRS-2-3); H6: F_1 (BPX 308B hv x Flórida 1B); H7: F_1 (BPX 308B hv x Tropicana); H8: F_1 (BPX 308B hv x Piedmont); L.T.: Linhagem Tropicana (op); O.F.: Híbrido F_1 Ogata Fukuju. Barras com letras iguais: as médias não diferem pelo teste de Duncan a 5%.

6-fosfato dirigida à respiração seria desviada para a formação de vitamina C, aumentando seu conteúdo até que o efeito compartimentalização se anule com a degradação da PC, permitindo a oxidação do ácido ascórbico. Desta maneira, os maiores teores de VTC nos híbridos F_1 (BPX 308B hv x Stevens) e F_1 (BPX 308B hv x Piedmont) podem ser devido a menor atividade da enzima PG, uma vez que a menor atividade da PG é responsável pela menor degradação da parede permitindo que a glicose 6-fosfato seja usada para a formação de vitamina C.

4.2.5 Licopeno

Na Figura 8 encontram-se os valores para licopeno. Todas as cultivares foram significativamente superior às testemunhas híbrido F_1 Ogata Fukuju e linhagem Tropicana(op) que apresentaram os menores teores de licopeno (53,15 e 64,42 $\mu\text{g/g}$ respectivamente). Os híbridos, F_1 (BPX 308B hv x Stevens), F_1 (BPX 308B hv x Piedmont), F_1 (BPX 308B hv x Rotam-4) e F_1 (BPX 308B hv x Tropicana) não diferiram entre si. Estes resultados confirmam as observações visuais de coloração, quando havia sido constatado que todos os híbridos apresentam coloração vermelho mais intenso que as testemunhas linhagem Tropicana(op) e híbrido F_1 Ogata Fukuju. A testemunha híbrido F_1 Ogata Fukuju apresentou coloração mais clara mesmo em relação a linhagem Tropicana(op). O único híbrido homozigoto para crimson, o F_1 (BPX 308B hv x BPX-105H) foi um dos que apresentou maior teor de licopeno, o que se esperava de um material og^c/og^c . No entanto, pelo menos dois outros híbridos o [F_1 (BPX 308B hv x BPX-127H) e F_1 (BPX 308B hv x BHRS-2-3)], apenas heterozigotos para o locus og^c ($+/og^c$), também apresentaram altos teores de licopeno, o que demonstra que em determinados "backgrounds" o locus em heterozigose ($+/og^c$) também pode apresentar excelente coloração. O híbrido F_1 (BPX 308B hv x BPX-127H) heterozigoto para locus alc ($+/alc$) foi um dos que apresentou melhor coloração, demonstrando que o gene alc em heterozigose não influencia negativamente a coloração, como o faz no homozigoto; provavelmente, um possível efeito negativo do gene alc em heterozigose na coloração poderia ter sido amenizado pela presença do

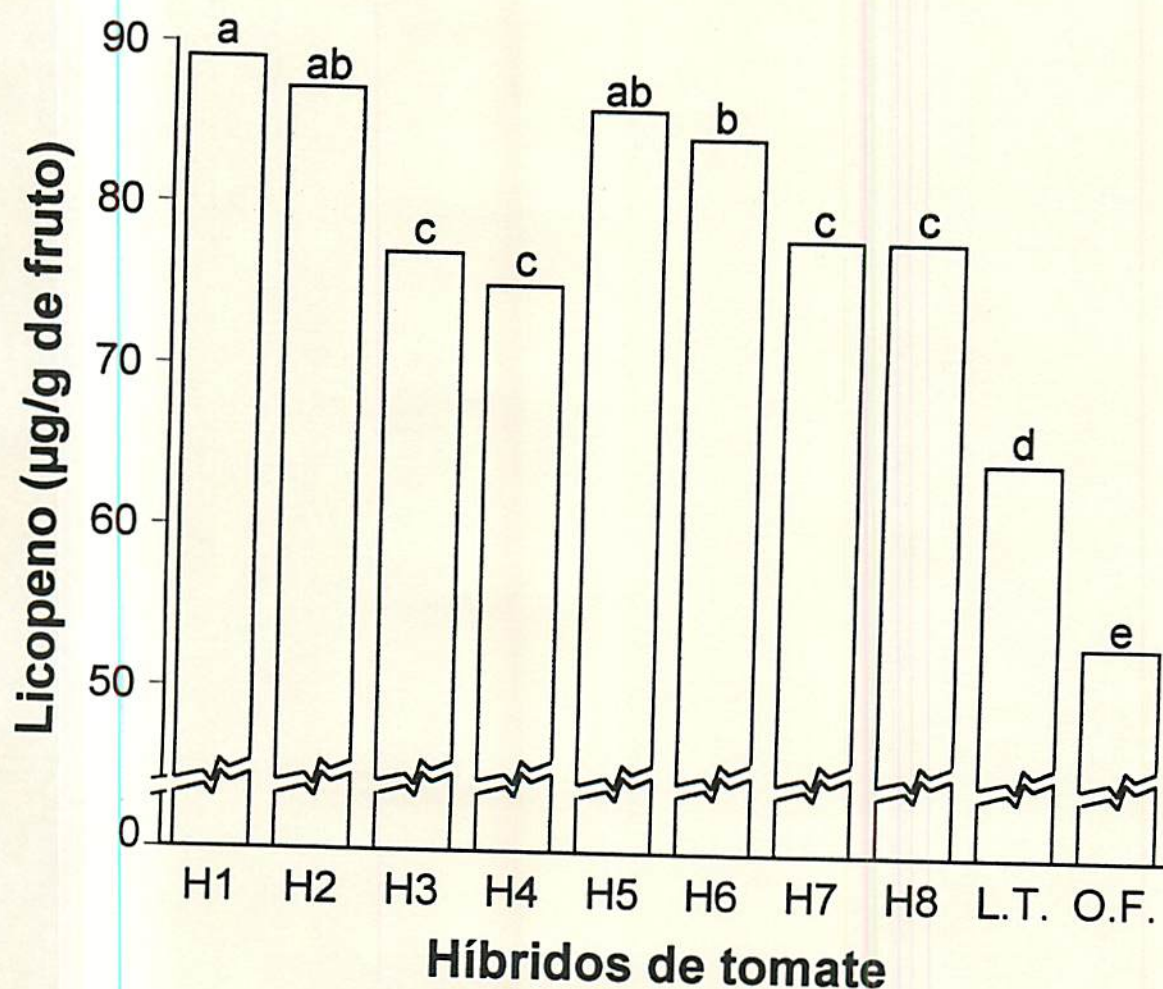


Figura 8. Valores médios do teor de Licopeno em híbridos F_1 de tomate do grupo Multilocular no estágio de maturação vermelho maduro. H1: F_1 (BPX 308B hv x BPX 127H); H2: F_1 (BPX 308B hv x BPX 105H); H3: F_1 (BPX 308B hv x Stevens); H4: F_1 (BPX 308B hv x Rotam-4); H5: F_1 (BPX 308B hv x BHRS-2-3); H6: F_1 (BPX 308B hv x Flórida 1B); H7: F_1 (BPX 308B hv x Tropicana); H8: F_1 (BPX 308B hv x Piedmont); L.T.: Linhagem Tropicana (op); O.F.: Híbrido F_1 Ogata Fukuju. Barras com letras iguais: as médias não diferem pelo teste de Duncan a 5%.

locos *og^c* em heterozigose (+/*og^c*), associado ainda a atividade alta de PG neste híbrido quando comparado ao híbrido F₁(BPX 308B hv x Tropicana) de "background" genético semelhante, sendo, que Aly, Hobson e Beltagy, 1986; Mutschler et al., 1992 têm sugerido que o aumento da atividade da enzima PG tem efeito positivo sobre o conteúdo de licopeno, uma vez que esta enzima é usualmente acumulada em paralelo com o pigmento licopeno durante o amadurecimento. Os demais genótipos com exceção da linhagem Tropicana (op) e híbrido F₁ Ogata Fukuju, são heterozigotos para o locus *og^c* (old gold crimson).

A faixa de licopeno obtida nos híbridos bem pigmentados (75 a 89 µg de licopeno/ g de fruto fresco) encontra-se próxima àquelas obtidas por Tomes et al. (1953); Thompson et al. (1965) e Souza, Singha e Ingle (1992) (72 a 98 µg/g de fruto fresco) em tomates 'Crimson' com alta pigmentação.

A cor, juntamente com a textura, são atributos importantes na aceitação do fruto pelo consumidor. Suas modificações durante o amadurecimento têm sido empregadas como indicadores da qualidade do fruto (Chitarra e Chitarra, 1990; Rushing e Huber, 1983; Souza, Singha e Ingle, 1992). Segundo Hobson e Davies (1971), o principal pigmento encontrado em tomates é o licopeno, que é um carotenóide de coloração vermelho intenso. A coloração em tomate depende sobretudo da quantidade total de pigmentos presentes. As principais mudanças na pigmentação envolvem a degradação da clorofila e síntese de carotenóides com acumulação de licopeno, o qual é o pigmento largamente responsável pela coloração vermelha do fruto maduro (Hulme, 1971).

Os resultados deste estudo indicam que progressos consideráveis foram obtidos com melhoramento, nas cultivares avaliadas, mantendo uma cor adequada para consumo *in natura* e a firmeza necessária para transporte e manuseio.

4.2.6 Pectina total, Pectina solúvel e relação pectina solúvel/ pectina total.

Os valores obtidos para pectina total, pectina solúvel e a relação pectina solúvel/pectina total encontram-se na Figura 9. O híbrido F₁(BPX 308B hv x Piedmont)

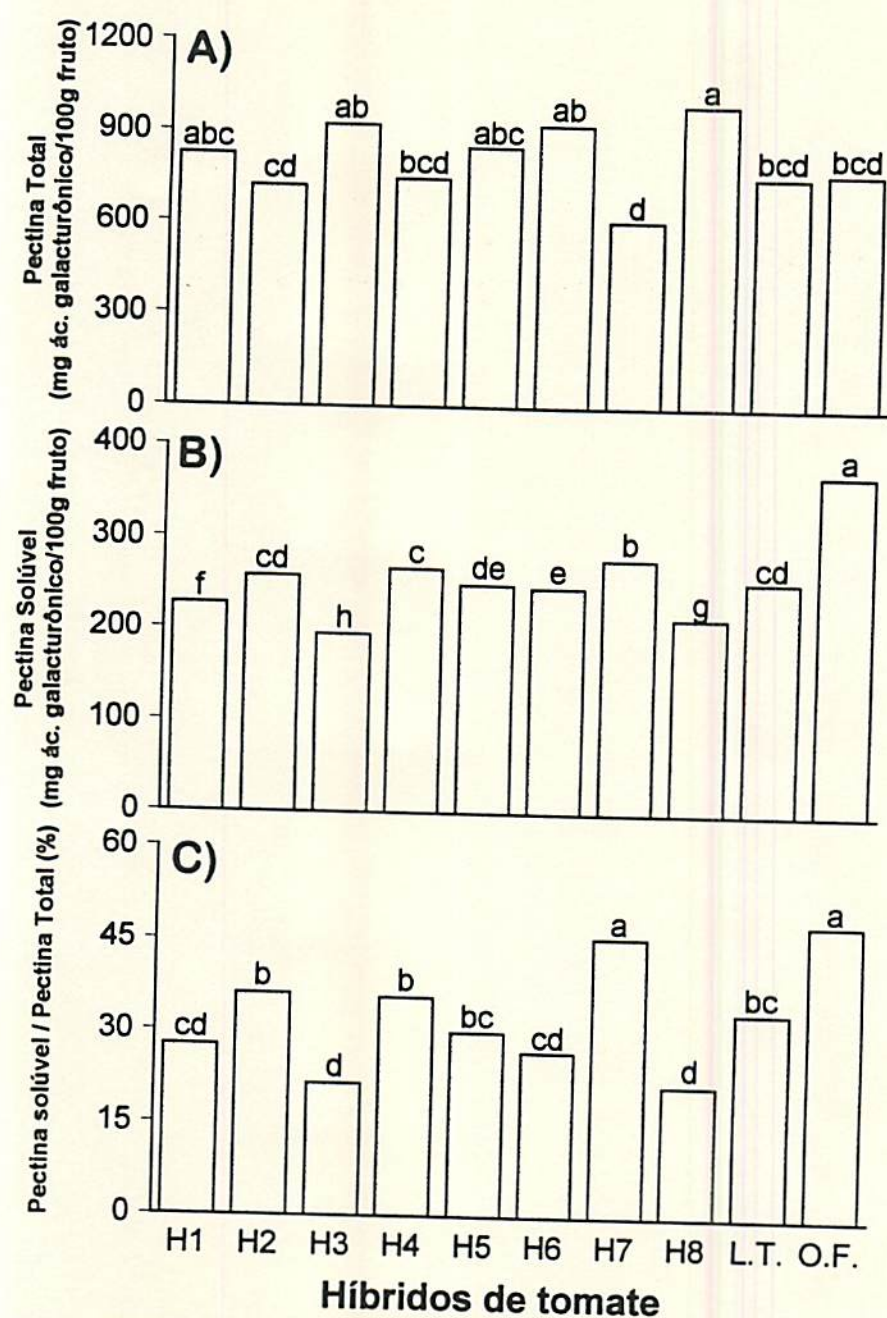


Figura 9. Valores médios para Pectina total (A), Pectina solúvel (B) e Relação pectina solúvel/pectina total (C) em híbridos F_1 de tomate do grupo Multilocular no estágio de maturação vermelho maduro. H1: F_1 (BPX 308B hv x BPX 127H); H2: F_1 (BPX 308B hv x BPX 105H); H3: F_1 (BPX 308B hv x Stevens); H4: F_1 (BPX 308B hv x Rotam-4); H5: F_1 (BPX 308B hv x BHRS-2-3); H6: F_1 (BPX 308B hv x Flórida 1B); H7: F_1 (BPX 308B hv x Tropicana); H8: F_1 (BPX 308B hv x Piedmont); L.T.: Linhagem Tropicana (op); O.F.: Híbrido F_1 Ogata Fukuju. Barras com letras iguais: as médias não diferem pelo teste de Duncan a 5%.

apresentou maior teor de pectina total que os híbridos F_1 (BPX 308B hv x BPX-105H), F_1 (BPX 308B hv x Rotam-4), F_1 (BPX 308B hv x Tropicana) e as testemunhas linhagem Tropicana(op) e híbrido F_1 Ogata Fukuju (Figura 9a).

O híbrido F_1 (BPX 308B hv x Tropicana) apresentou o menor teor de pectina total, não sendo estatisticamente inferior, apenas em relação aos híbridos F_1 (BPX 308B hv x BPX-105H), F_1 (BPX 308B hv x Rotam-4) e as testemunhas linhagem Tropicana(op) e o híbrido F_1 Ogata Fukuju (Figura 9a). Contudo, o híbrido F_1 (BPX 308B hv x BPX-127H) de "background" genético semelhante ao F_1 (BPX 308B hv x Tropicana), apresentou teor de pectina total significativamente maior, um efeito do locus *alc* em heterozigose (+/*alc*) neste híbrido, em contraposição ao genótipo normal (+/+) neste locus no híbrido F_1 (BPX 308B hv x Tropicana).

O alto conteúdo de pectina total das cultivares sugere que a atividade da PG é reduzida durante o amadurecimento, possivelmente pela imobilização parcial da enzima, retenção da mesma no citoplasma ou regulações secundárias, como verificado por Koch e Nevins (1990) que não constataram mudanças no conteúdo de pectinas totais durante o amadurecimento de tomates.

Em relação a pectina solúvel (Figura 9b), todas as cultivares mostraram teor muito inferior ao da testemunha o híbrido F_1 Ogata Fukuju. O híbrido F_1 (BPX 308B hv x Tropicana) foi o que apresentou teor de pectina solúvel mais elevado em relação as demais cultivares, sendo inferior somente a testemunha o híbrido F_1 Ogata Fukuju. O híbrido F_1 (BPX 308B hv x Stevens) apresentou o menor teor de pectina solúvel, e seguidos pelos híbridos F_1 (BPX 308B hv x Piedmont) e F_1 (BPX 308B hv x BPX-127H), mostraram-se estatisticamente inferior às demais cultivares.

Os resultados de pectina solúvel podem ser melhor visualizados quando transformados em valores percentuais relativos a pectina total (Figura 9c). Os híbridos F_1 (BPX 308B hv x Stevens) e F_1 (BPX 308B hv x Piedmont) apresentaram menor percentagem de pectina solúvel em relação pectina total, não diferindo somente dos híbridos F_1 (BPX 308B hv x BPX-127H) e F_1 (BPX 308B hv x Flórida 1B). Todas as cultivares mostraram valores significativamente inferiores à testemunha o híbrido F_1

Ogata Fukuju e ao híbrido F_1 (BPX 308B hv x Tropicana). Contudo, o híbrido F_1 (BPX 308B hv x BPX-127H) apresentou teor de pectina total maior, pectina solúvel menor e pectina solúvel/pectina total menor quando comparado ao híbrido F_1 (BPX 308B hv x Tropicana) de "background" genético semelhante, este comportamento reflete a ação do locus *a/c* em heterozigose no híbrido F_1 (BPX 308B hv x BPX-127H), mas não em F_1 (BPX 308B hv x Tropicana). Isto sugere que realmente o gene *a/c* em heterozigose proporciona maior potencial para firmeza dos frutos.

Os resultados de pectina solúvel, estão de acordo com os valores obtidos para textura e atividade das enzimas PME e PG. As cultivares que apresentaram maior espessura de polpa, menor número de lóculos, maiores valores de textura e maiores teores de vitamina C possuíam menor teor de pectina solúvel (Tabela 6) e menores atividades das enzimas PME e PG nos estádios iniciais de maturação, propiciando frutos mais firmes, com vida de prateleira mais extensa e com melhores atributos de qualidade dentro dos padrões estabelecidos para o consumo *in natura* de tomates do grupo Multilocular.

TABELA 6. Relações entre pectina solúvel e outras variáveis avaliadas em híbridos de tomate do grupo Multilocular UFLA/ DCA, Lavras- MG, 1995.

Relação estudada	Coefficiente de correlação	Natureza da relação
Pectina solúvel x Espessura da polpa	- 0,8755**	inversa
Pectina solúvel x Número de lóculos	0,7162**	direta
Pectina solúvel x Textura	- 0,9377**	inversa
Pectina solúvel x Vitamina C total	- 0,7898**	inversa
Pectina solúvel x PME ("breaker")	0,6075*	direta
Pectina solúvel x PG (verde-maturo)	0,6949**	direta
Pectina solúvel x PG ("breaker")	0,7847**	direta

*, **: correlação significativa a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste t de student.

4.3 Características bioquímicas

4.3.1 Pectinametilesterase (PME)

Os valores de atividade da enzima PME em todos os estádios de maturação do fruto encontram-se na Figura 10. Observou-se que as cultivares apresentaram um pico de atividade da enzima PME no estágio "breaker" declinando nos estádios seguintes. Portanto, este estágio é crítico na diferenciação dos híbridos, pois, salienta aqueles com picos mais altos de atividade de PME.

Os híbridos F_1 (BPX 308B hv x BPX-105H) e F_1 (BPX 308B hv x Tropicana) e as testemunhas híbrido F_1 Ogata Fukuju e linhagem Tropicana(op) possuem maior atividade de PME que os demais. Entre estes a linhagem Tropicana(op) foi a que apresentou maior atividade (mais de 550%), em relação ao estágio anterior (verde maturo). Os híbridos F_1 (BPX 308B hv x Stevens) e F_1 (BPX 308B hv x Piedmont), F_1 (BPX 308B hv x Rotam-4)) e F_1 (BPX 308B hv x BPX-127H) se diferenciaram dos demais pela menor atividade de PME no estágio "breaker", embora a atividade do F_1 (BPX 308B hv x BPX-127H) não seja estatisticamente menor do que a do híbrido F_1 (BPX 308B hv x BHRS-2-3). Além disso quando se compara o híbrido F_1 (BPX 308B hv x BPX-127H) ao híbrido F_1 (BPX 308B hv x Tropicana), que diferem na presença, no primeiro, do gene *alcobaça* em heterozigose, verifica-se que o primeiro foi estatisticamente superior para uma menor atividade de PME, o que sugere mais uma vez a manifestação do gene *alc*, que mesmo em heterozigose, proporciona maior potencial para conservação pós colheita. Isto é particularmente evidente, quando se observa que em contrapartida o híbrido normal (homozigótico +/+) F_1 (BPX 308B hv x Tropicana) é um dos tratamentos com maior atividade de PME.

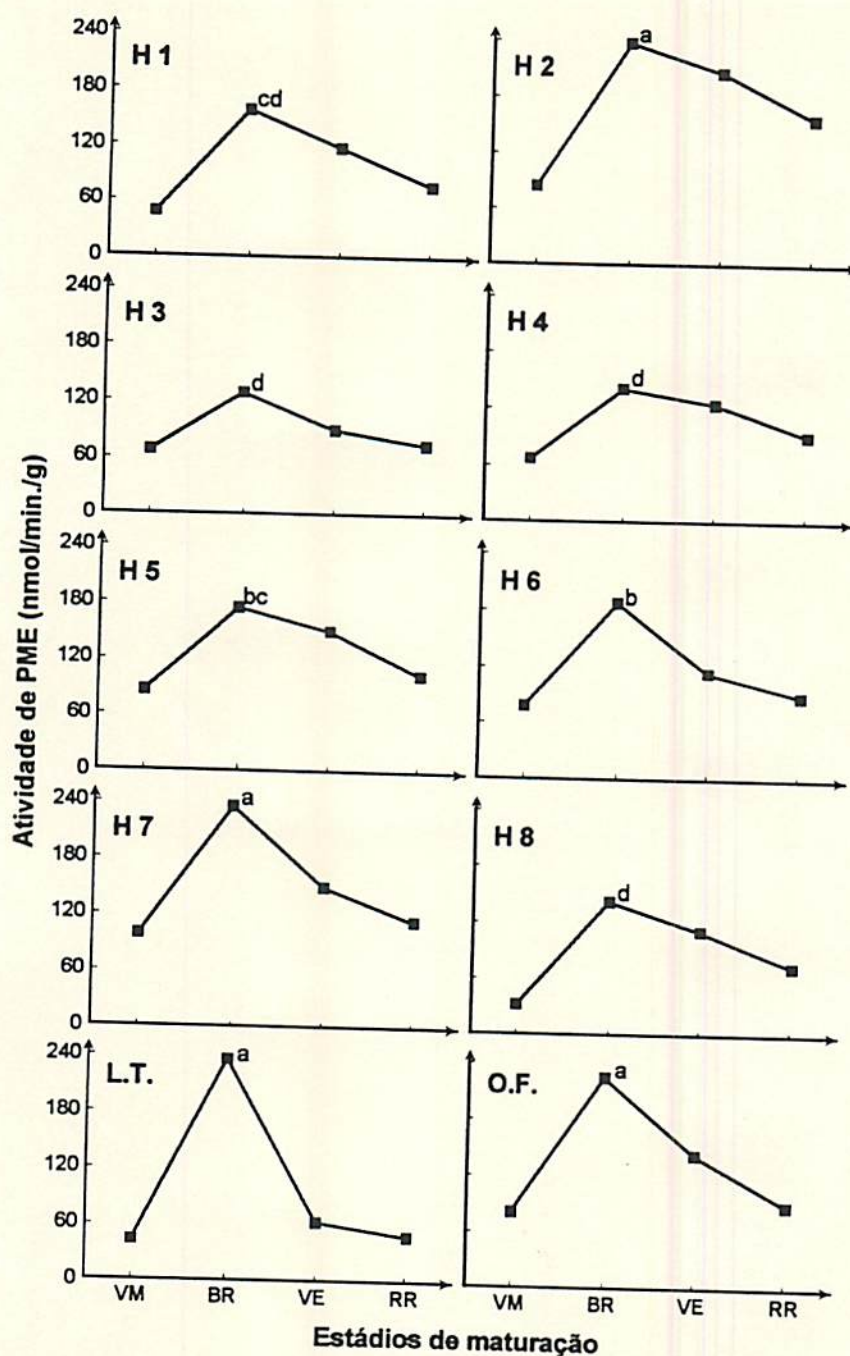


Figura 10. Atividade de PME nos estádios de maturação Verde-maturo (VM); "Breaker" (BR); Maduro (VE) e Vermelho-maturo (RR) de híbridos F_1 de tomate do grupo Multilocular. H1: F_1 (BPX 308B hv x BPX 127H); H2: F_1 (BPX 308B hv x BPX 105H); H3: F_1 (BPX 308B hv x Stevens); H4: F_1 (BPX 308B hv x Rotam-4); H5: F_1 (BPX 308B hv x BHRS-2-3); H6: F_1 (BPX 308B hv x Flórida 1B); H7: F_1 (BPX 308B hv x Tropicana); H8: F_1 (BPX 308B hv x Piedmont); L.T.: Linhagem Tropicana (op); O.F.: Híbrido F_1 Ogata Fukuju. As letras comparam os híbridos dentro do estágio "Breaker" sendo que com letras iguais estes não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%.

Segundo Harriman, Tieman e Handa (1991) o mRNA de PME e a atividade da enzima são detectadas pela primeira vez em frutos com 10 a 20 dias de idade, e continuam a acumular até o estágio "breaker", quando atingem níveis vinte vezes mais altos quando comparados com frutos de 10 dias de idade, em seguida declinando. Isto também foi verificado neste estudo. A maior atividade de PME no estágio "breaker" coincide com a elevação da atividade da PG, e com os primeiros sinais de mudanças na cor dos frutos. A função da PME é desmetilar o C₆ de ácidos pectínicos (subunidades de protopectina) possibilitando a ação da PG no processo de amaciamento de frutos (Cheftel e Cheftell, 1976). Desta forma, existe correlação entre a atividade da enzima PME, no estágio "breaker" com a concentração de pectina solúvel e a textura dos frutos no estágio de maturação vermelho maduro (Figura 11). O processo de melhoramento obteve sucesso com os híbridos F₁(BPX 308B hv x Stevens), F₁(BPX 308B hv x Piedmont), F₁(BPX 308B hv x Rotam-4)) e F₁(BPX 308B hv x BPX-127H), mantendo as suas atividades de PME em níveis mais baixos que a maioria dos híbridos avaliados em todos os estádios de maturação, e particularmente, reduzindo o pico de atividade de PME no estágio "breaker" de maturação. Nos três primeiros casos, trata-se de genótipos normais no locus *alc*, enquanto que no último trata-se de genótipo *+/alc*, indicando que, embora seja possível aumentar a conservação pós-colheita em "backgrounds" normais, o uso de heterozigotos *alc (+/alc)* pode ser uma estratégia viável.

Tieman et al. (1992) verificaram um aumento no conteúdo de sólidos solúveis devido a inibição da expressão do gene da PME. O híbrido F₁(BPX 308B hv x BPX-105H) que permaneceu com atividade de PME alta no estágio vermelho maduro apresentou o maior conteúdo de sólidos solúveis, o que parece ser consonante com esta hipótese.

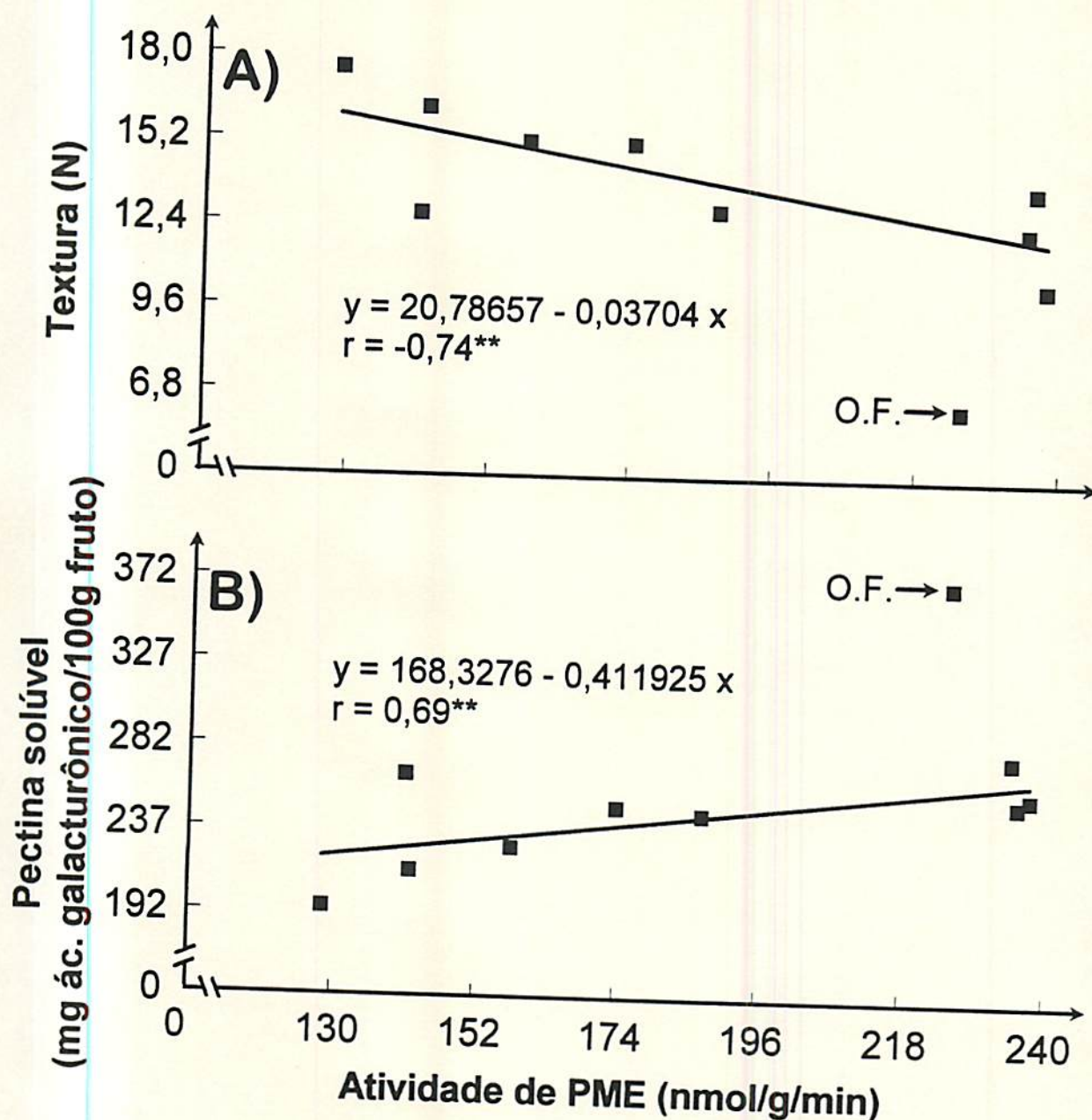


Figura 11. Regressão linear e coeficiente de correlação entre a atividade da enzima PME de híbridos F_1 de tomate do grupo Multilocular no estágio de maturação "Breaker" e textura (A) e concentração de pectina solúvel (B) em frutos no estágio de maturação "vermelho maduro". O.F.: Híbrido F_1 Ogata Fukuju, excluído da estimativa por apresentar comportamento distinto em relação aos demais. **: correlação significativa ao nível de 1% pelo teste t de Student.

4.3 2 Poligalacturonase (PG)

As médias de atividade da enzima PG em todos os estádios de maturação, encontram-se na Figura 12. Pode-se observar que todas as cultivares tiveram o pico de atividade no estágio "breaker" quando geralmente se dá início ao processo de amadurecimento do fruto, declinando nos estádios seguintes.

Estatisticamente, as cultivares diferem entre si na seguinte ordem decrescente de atividade de PG: híbrido F_1 Ogata Fukuju > F_1 (BPX 308B hv x Rotam-4) > F_1 (BPX 308B hv x BPX-105H) > linhagem Tropicana(op) = F_1 (BPX 308B hv x BPX-127H) > F_1 (BPX 308B hv x BHRS-2-3) = F_1 (BPX 308B hv x Flórida 1B) = F_1 (BPX 308B hv x Tropicana) > F_1 (BPX 308B hv x Piedmont) = F_1 (BPX 308B hv x Stevens). Variações entre os híbridos também ocorreu, em menor escala, com a atividade de PME (Figura 10). Acredita-se que isto se deva a um perfil de amadurecimento diferente entre as cultivares, onde estas enzimas são liberadas pela PC de forma e em tempos diferentes, e também, devido a natureza das substâncias pecticas e outros componentes da estrutura da PC.

O fato dos híbridos F_1 (BPX 308B hv x Rotam-4) e F_1 (BPX 308B hv x BPX-127H) terem apresentado, uma das menores atividade de PME, e em contraste apresentado a atividade de PG relativamente alta, pode ser explicado pelo fato destes híbridos apresentarem pectinas com baixo grau de metoxilação ou ainda capacidade genética destes híbridos manterem níveis menores de Ca^{+2} nos tecidos, fazendo com que a PG atue mais intensamente sobre as pectinas. O Ca^{+2} tem um papel relevante na ação da PME sobre as pectinas. Durante o amadurecimento do fruto, a atividade da PME resulta no aparecimento de grupos carboxílicos com carga (COO^{-1}), reduzindo o grau de esterificação e aumentando a densidade de cargas negativas ao longo da cadeia de pectina. Assim, a afinidade por ligação com o Ca^{+2} é aumentada, e esta ligação é considerada de natureza cooperativa, pois impede a ação da PG e consequentemente mantem a estrutura da PC (Burns e Pressey, 1987). Este seria um dos possíveis mecanismo para explicar a baixa atividade de PG em cultivares com alta atividade de PME como ocorreu com o híbrido F_1 (BPX 308B hv x Tropicana) e a

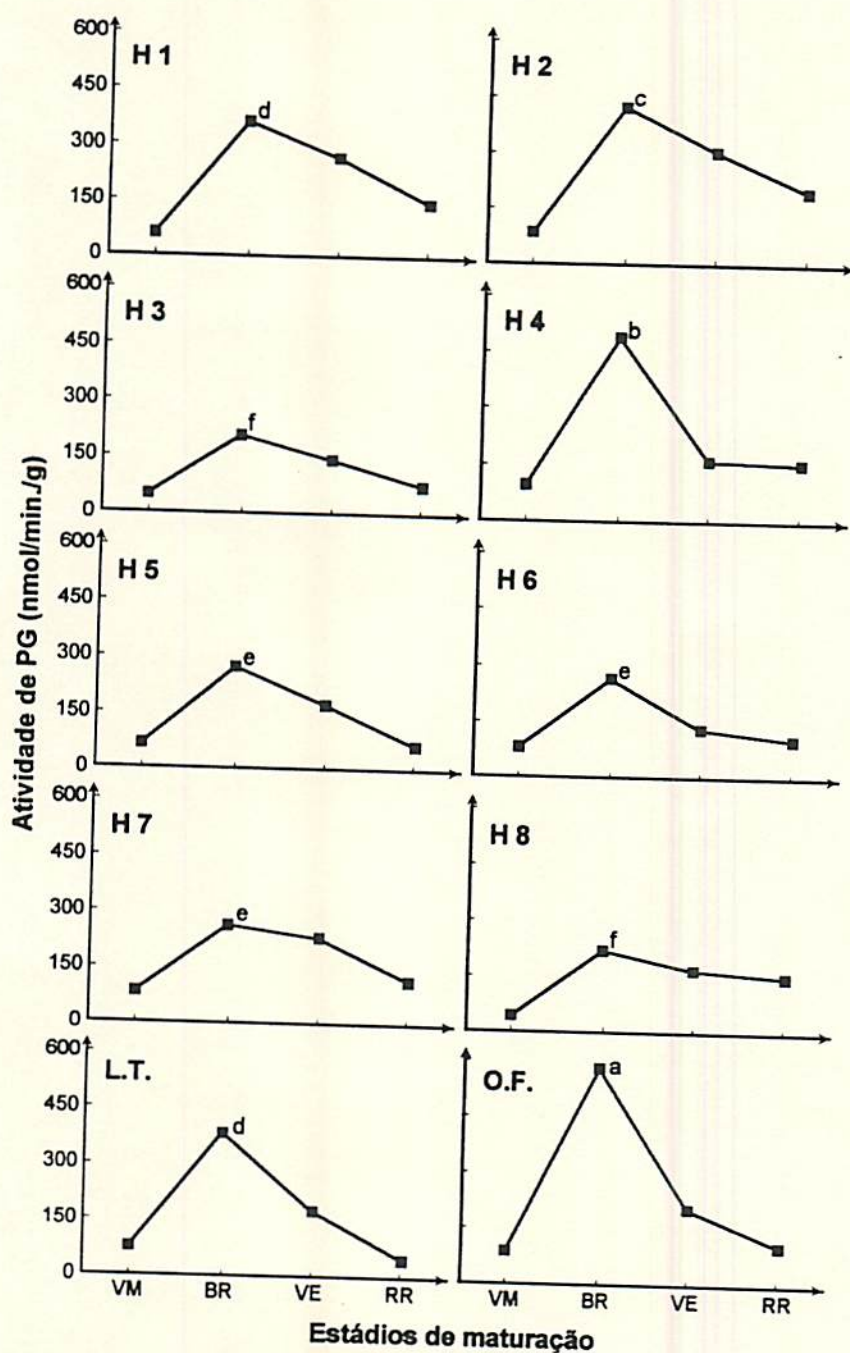


Figura 12. Atividade de PG nos estádios de maturação Verde-maturo (VM); "Breaker" (BR); Maduro (VE) e Vermelho-maturo (RR) de híbridos F_1 de tomate do grupo Multilocular. H1: F_1 (BPX 308B hv x BPX 127H); H2: F_1 (BPX 308B hv x BPX 105H); H3: F_1 (BPX 308B hv x Stevens); H4: F_1 (BPX 308B hv x Rotam-4); H5: F_1 (BPX 308B hv x BHRS-2-3); H6: F_1 (BPX 308B hv x Flórida 1B); H7: F_1 (BPX 308B hv x Tropicana); H8: F_1 (BPX 308B hv x Piedmont); L.T.: Linhagem Tropicana (op); O.F.: Híbrido F_1 Ogata Fukuju. As letras comparam os híbridos dentro do estágio "Breaker", sendo que com letras iguais estes não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5%.

testemunha linhagem Tropicana (op) no estágio "breaker". Híbridos com baixa atividade de PME e PG, como o F_1 (BPX 308B hv x Stevens) e F_1 (BPX 308B hv x Piedmont), podem ocorrer devido a redução da tradução dos genes das enzimas PME e PG, ou ainda, a redução da tradução apenas da enzima PME associada à alto nível de metoxilação das substâncias pecticas. Em trabalhos que comparam a firmeza de tomates com genes mutantes retardadores do amadurecimento, com tomates de amadurecimento normal (Seymour et al., 1987; Ahrens e Huber, 1990; Della Penna et al., 1990; Koch e Nevins, 1990 e Schuch et al., 1991), observou-se que a redução na atividade da PG é um dos principais fatores na retenção da firmeza dos mutantes por períodos mais prolongados. Este efeito também foi observado neste trabalho, onde uma menor atividade da PG propiciou frutos mais firmes (Figura 13). Estes autores observaram ainda que frutos mutantes apresentam um perfil de amadurecimento diferente, como climatério respiratório atrasado, redução no pico de etileno e redução na atividade da enzima PG quando comparado àqueles de amadurecimento normal (Lobo, Bassett e Hannah, 1984). Em alguns trabalhos (Aly, Hobson e Beltagy, 1986; Mutschler et al., 1992) tem sido sugerido que o aumento da atividade da enzima PG tem efeito positivo sobre o conteúdo de licopeno, uma vez que esta enzima é usualmente acumulada em paralelo com o pigmento licopeno durante o amadurecimento. Neste estudo não foi observada correlação entre a atividade da PG e o conteúdo de licopeno dos híbridos. O estado de heterozigose para "crimson" (+/og^f) nestes híbridos poderia possivelmente amenizar os efeitos negativos da redução na atividade da PG. Resultados semelhantes ao deste estudo foram obtidos por Smith et al. (1988); Sheehy, Kramer e Hiatt (1988); Giovannoni et al. (1989) e Nguyen et al. (1991) que constataram que a redução na atividade da PG em frutos de tomates mutantes, não impediu a acumulação do pigmento licopeno, o qual foi acumulado em quantidades semelhantes às de frutos não mutantes, para menor atividade de PG.

O híbrido (+/alc), F_1 (BPX 308B hv x BPX-127H) teve atividade de PG no estágio "breaker" ligeiramente maior do que seu contraparente normal (+/+), o híbrido F_1 (BPX 308B hv x Tropicana), ao contrário do que ocorreu em relação à atividade de PME. No entanto, esta diferença foi bastante inferior à existente entre as atividades de

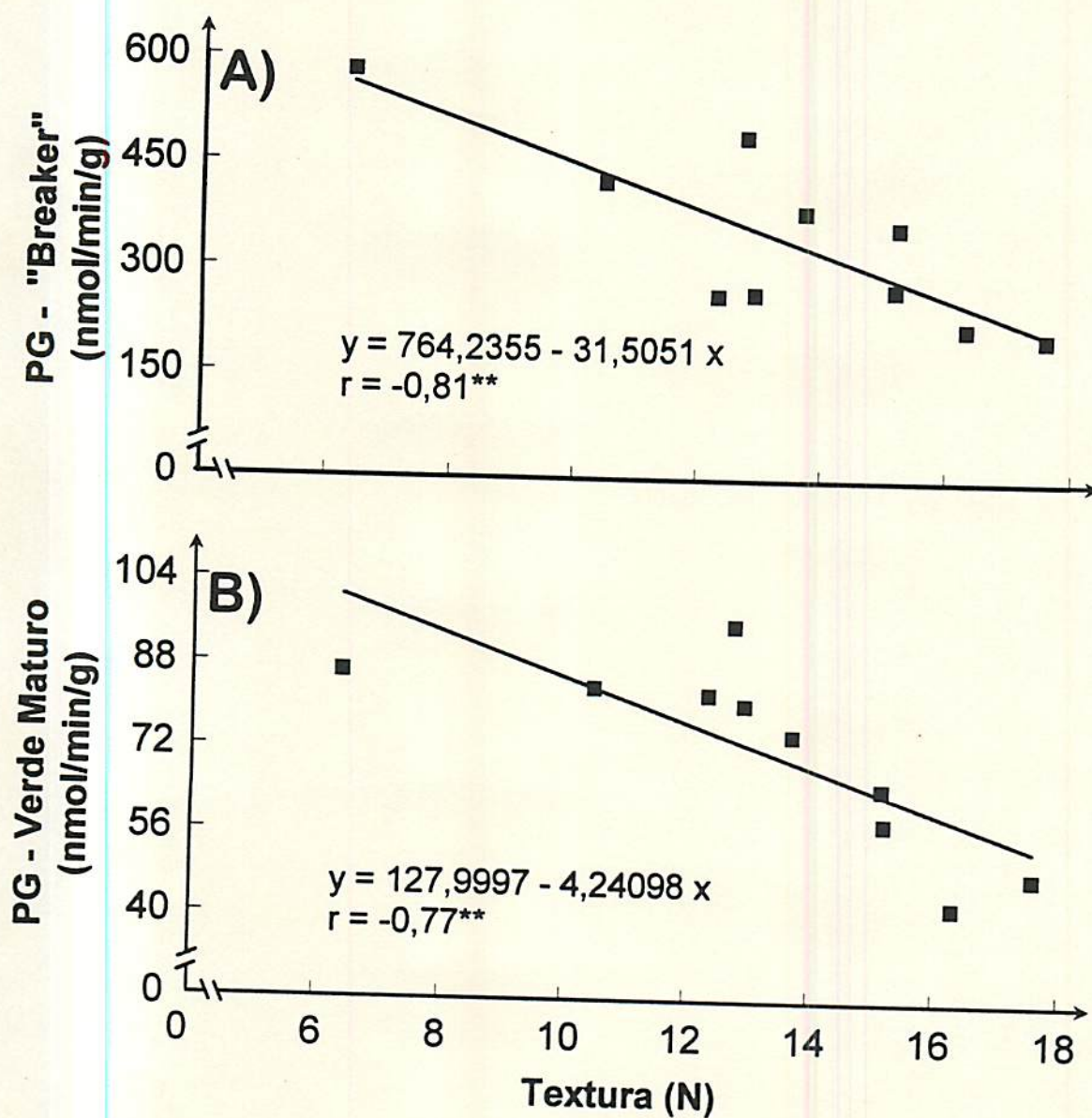


Figura 13. Regressão linear e coeficiente de correlação entre a textura de híbridos F_1 de tomate do grupo Multilocular e atividade da PG nos estádios de maturação "Breaker" (A) e Verde-maturo (B). **: correlação significativa ao nível de 1% pelo teste t de Student.

PG de genótipos normais (+/+) extremos, como entre os híbridos de baixa atividade [F_1 (BPX 308B hv x Stevens) e F_1 (BPX 308B hv x Piedmont)] e os de alta atividade [linhagem Tropicana(op) e híbrido F_1 Ogata Fukuju], podendo ser considerada pois, pouco importante. Assim, a heterozigose no locus *alcobaça* parece contribuir para a redução da atividade de PME, mas não da PG.

A maturação de frutos de tomate é caracterizado por várias mudanças bioquímicas e fisiológicas coordenadas, as quais conjuntamente alteram a cor, "flavor" e textura dos frutos. Análises genéticas e bioquímicas (Brady, 1987 e Brady; McGlasson e Spiers, 1987) tem indicado que muitos dos processos fisiológicos associados com o amadurecimento são regulados por níveis de expressão de genes, um aspecto firmemente apoiado por recentes análises de expressão de genes durante a maturação de tomates (Speirs et al., 1984; Biggs; Harriman e Handa, 1986; DellaPena; Alexander e Bennett, 1986; Grierson, Maunders e Holdsworth, 1987; Lincoln et al., 1987; Della Pena et al., 1989). Assim, estudos como este, que avaliam a qualidade pós-colheita de frutos auxiliando no processo de seleção em trabalhos de melhoramento genético têm grande utilidade.

5 CONCLUSÕES

A avaliação da qualidade de diferentes genótipos de tomates do grupo Multilocular permitiu concluir que:

- O aumento na espessura da polpa e a redução no número de lóculos dos híbridos F_1 contribui para o aumento da firmeza dos frutos.
- Os híbridos F_1 (BPX 308B hv x Stevens) e F_1 (BPX 308B hv x Piedmont), entre todos as cultivares avaliadas, apresentaram as melhores características para o consumo *in natura*, coloração vermelha intensa, conteúdo de vitamina C satisfatório, maior firmeza e balanço adequado entre ácidos e açúcares que pode proporcionar um "flavor" agradável.
- O híbrido F_1 (BPX 308B hv x BPX-127H), que contem o gene *alc* em heterozigose, o qual condiciona maior conservação pós colheita, foi o terceiro melhor híbrido quando comparado aos demais para o consumo, não apresentando efeitos detrimenais na coloração e no "flavor" e apresentando-se relativamente firme. Isto sugere que o gene *alc* pode realmente ter efeito positivo sobre o tempo de conservação pós colheita.
- A heterozigose do locus *alcobaça* promoveu aumento da firmeza do fruto, redução do teor de pectina solúvel e da relação pectina solúvel/pectina total, e redução na atividade de PME (mas não da PG) no estágio "breaker", não parecendo ter efeitos deletérios sobre a qualidade dos frutos. Portanto, conclui-se que o gene *alcobaça* em heterozigoze pode ser uma alternativa viável para o melhoramento genético do tomateiro visando a melhor conservação em pós- colheita.

- Os híbridos F_1 (BPX 308B hv x Stevens), F_1 (BPX 308B hv x Piedmont) e F_1 (BPX 308B hv x BPX-127H) apresentaram os mais baixos teores de pectina solúvel em relação a pectina total, devido a uma menor atividade das enzimas PME e no caso dos dois primeiros também de PG, resultando em uma maior firmeza destes híbridos.

- A redução na atividade das enzimas PME e PG, levou a uma redução na despolimerização e solubilização das pectinas, conduzindo a um aumento na firmeza e assim, melhorando a vida de prateleira e qualidade dos frutos.

- As atividades das enzimas PME e PG foram as menores nos híbridos F_1 (BPX 308B hv x Stevens) e F_1 (BPX 308B hv x Piedmont), resultando em uma maior firmeza destes híbridos. quando comparadas as atividades dos outros híbridos durante todos os estádios de maturação.

- A redução na atividade da PME e PG não afetou o desenvolvimento da cor, conteúdo de SST, açúcares totais e acidez, atributos considerados importantes para qualidade dos frutos.

6 SUGESTÕES

Considerando os resultados obtidos, sugere-se que outros estudos sejam feitos a nível de parede celular para elucidar melhor o papel da PG e PME na solubilização da PC. Embora não se tenha determinado o teor de Ca^{+2} nas cultivares, sugere-se que este seja determinado, em todo e qualquer experimento em que se determina atividades de PG e PME, pois não só o cálcio, assim como os açúcares neutros parecem ter um papel fundamental na degradação da PC. Sugere-se também, que em um próximo experimento sejam feitas aplicações de Ca^{+2} em os diferentes estádios de maturação do fruto, para se determinar os efeitos do cálcio na sua conservação.

Não houve correlações significativas entre atividade PG e PME com textura e pectinas no estágio vermelho maduro onde era esperado, sugere-se que as metodologias para pectinas sejam revistas, um vez que estas são muito susceptíveis ao ataque de hidrolases (PG, PME) da PC, tratamentos químicos (alcali) que poderão modificar a sua estrutura reduzindo seu comprimento (Koch e Nivens, 1989) e desesterificando grupos metil (Koch e Nivens, 1990), sugere-se também que estas características sejam avaliadas nos diferentes estádios de maturação para que possam ser melhor correlacionadas com a atividade da PG.

Sugere-se, a realização de outro experimento com estes genótipos para determinar realmente se híbridos como $F_1(\text{BPX 308B hv} \times \text{Stevens})$, $F_1(\text{BPX 308B hv} \times \text{Piedmont})$ e $F_1(\text{BPX 308B hv} \times \text{BPX-127H})$, apresentam perfil de maturação diferentes dos demais, realizando-se medições de etileno e CO_2 .

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEGOROYE, A.S.; JOLLIFFE, P.A.; TUNG, M.A. Textural characteristics of tomato fruits (*Lycopersicon esculentum*) affected by sunscald. **Journal Science Food Agriculture**, London, v.49, p.95-102, 1989.
- AHRENS, M.J.; HUBER, D.J. Physiology and firmness determination of ripening tomato fruit. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen v.78, p.8-14, 1990.
- AHRENS, M.J.; HUBER, D.J.; SCOTT, J.W. Firmness and mealiness of selected florida-grown tomato cultivars. **Proceedings Florida State Horticulture Society**, Gainesville, v.100, p.39-41, 1987.
- AL-SHAIBANI ALI, M.H.; GREIG, J.K. Effects of stage maturity, storage and cultivar on some quality atributes of tomatoes. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Mount, v.104, n.6, p.800-812, 1979.
- ALY, M.A.A.; HOBSON, G.E.; BELTAGY, A.S. Effect of introducing the mutant in *rin* allele on some characters of tomato fruit during storage. **Acta Horticulturae**, The Hague, v.190, p.197-207, 1986.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANAYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the association of official analitical chemistry** 11. ed. Washington, 1992. 1115p.
- AWAD, M.; YOUNG, R.E. Postharvest variation in cellulase, polygalacturonase, and pectin methylesterase in avocado (*Persea americana* Mill, cv. Fuerte) fruit in relation to respiration and ethylene production. **Plant Physiology**, Baltimore, v.64, p.306-308, 1979.
- BALDWIN, E.A.; NISPEROS-CARRIEDO, M.O. ; MOSHONAS, M.G. Quantitative analysis of flavor and other volatiles and for certain constituents of two tomato cultivars during ripening. **Journal of American Society for Hortucultural Science**, Mount, v.116, p.265-269, 1991.

- BARRETT, D.M.; GONZALES, C. Activity of softening enzymes during cherry maturation. **Journal of Food Science**, Chicago, v.59, n.3, p.574-577, 1994.
- BARRETT, L.C.R. **Conservação pós-colheita de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) da cultivar Gigante Kada submetido a choque frio e armazenado com filme de PVC**. Lavras, ESAL, 1990. 114p. (Tese-Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- BARTLEY, I.M.; KNNE, M. the chemistry of textural changes in the fruit during storage. **Food Chemistry**, Essex, v.9, p.47-58, 1982.
- BATISSE, C.; FILS-LYCAON, B.; BURET, M. Pectin changes in ripening cherry fruit. **Journal of Food Science**, Chicago, v.59, n.2, p.389-393, 1994.
- BIGGS, M.S.; HANDA, A.K. Temporal regulation of polygalacturonase gene expression in fruits of normal, mutants and heterozigous tomato genotypes. **Plant Physiology**, Baltimore, v.89, p.117-125, 1989.
- BIGGS, M.S.; HARRIMAN, R.W.; HANDA, A.K. Changes in gene expression during tomato fruit ripening. **Plant Physiology**, Baltimore, v.81, p.395-403, 1986.
- BISOONI, C.A.; ARMBRUSTER, G.; BRECHT, P.E. Quality comparisons of room ripened and field ripened tomato fruits. **Journal of Food Science**, Chicago, v.41, p.333-338, 1976.
- BITTER, T.; MUIR, H.M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical Biochemistry**, New York, v.34, p.330-334, 1962.
- BRADY, C.J. Fruit Ripening. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.38, p.155-178, 1987.
- BRADY, C.J. The pectinesterase of pulp banana fruit. **Australian Journal of Plant Physiology**, Victoria, v.3, p.163-172, 1976.
- BRADY, C.J.; McGLASSON, B.; SPEIRS, J. The biochemistry of fruit ripening. In: NEVINS, D.; JONES, R. (eds.) **Tomato biotechnology**. New York: Alan R. Liss, 1987. p.279-288.
- BUESCHER, R.W.; HOBSON, G.E. Role of calcium and chelating agents in regulating the degradation of tomato fruit tissue by polygalacturonase. **Journal Food of Biochemistry**, Westport, v.6, p.147-160, 1982.
- BUESCHER, R.W.; TIGCHELAAR, E.C. Pectinesterase, polygalacturonase, Cx-cellulase activities and softening of the rin tomato mutant. **HortScience**, Alexandria, v.10, p.624-625, 1975.

- BURNS, J.K.; PRESSEY, R. Ca^{+2} in cell walls of ripening tomato and peach. **Journal of the American for Horticultural Science**, Mount, v.112, p.783-787, 1987.
- BUTTERY, R.G.; TERANISHI, R.; LING, L.C. Fresh tomato aroma volatiles: A quantitative study. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.35, p.540-544, 1987.
- BUTTERY, R.G.; TERANISHI, R.; LING, L.C.; FLATH, R.A.; STERN, P.J. Quantitative studies on origins of fresh tomato aroma volatiles. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.36, p.1247-1250, 1988.
- CALBO, A.G.; NERY, A.A. Medida de firmeza em hortaliças pela técnica de aplanção. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.13, n.1, p.14-18, 1995.
- CAMBRAIA, J.; BRUNE, W.; FORTES, J.M.; ANDERSEN, O. Vitamina C em frutos de interesse tecnológico, **Revista Ceres**, Viçosa, v.18, n.96, p.139-149, 1971.
- CARPITA, N.C.; GIBEAUT, D.M. structural models of primary cell walls in flowering plants: Consistency of molecular structure with the physical properties of the walls during growth. **Plant Journal**, v.3, p.1-30, 1993.
- CARVALHO, V.D. de; SOUZA, S.M.C. DE; CHITARRA, M.I.F.; CARDOSO, D.A.M.; CHITARRA, A.B. Qualidade de tomates da cultivar Gigante Kada amadurecidos na planta e fora da planta. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, v.19, p.489-493, 1984.
- CASSAB, G.I.; VARNER, J.E. Cell walls proteins. **Annual Review Plant Molecular Biology**, California, v.39, p.321-353, 1988.
- CHEFTEL, J.; CHEFTELL, H. **Introdução a la bioquímica y tecnologia de los alimentos**. Espanha, 1976. v.1. 220p.
- CHITARRA, A.B.; CHITARRA, M.I.F. Composição química do tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) em diferentes estádios de maturação. **Revista de Olericultura**, Campinas, v.16, p.194-198, 1976.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças**, Fisiologia e Manuseio. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 320p.
- CRAFT, C.C.; HEINZE, P.H. Physiological studies of mature-green tomatoes in storage. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Ithaca, v.64, p.343-350, 1954.

- DAVIES, J.N. Changes in the non-volatile organic acids of tomato fruit during ripening. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.17, p.396-400, 1966.
- DAVIES, J.N.; COCKING, E.C. Changes in the carbohydrates, proteins and nucleic acids during cellular development in tomato fruit locule tissue. **Planta**, Berlin, v.67, p.242-246, 1965.
- DAVIES, J.N.; HOBSON, G.E. The constituents of tomato fruit. The influence of environment, nutrition and genotype, **CRC Critical Review Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v.15, p.205-280, 1981.
- DAVIES, J.N.; KEMPTON, R.J. Changes in the individual sugars of tomato fruit during ripening. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.26, p.1103-1110, 1975.
- DAVIES, J.N.; MAW, G.A. Metabolism of citric and malic acids during ripening of tomato fruit. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.23, n.8, p. 969-976, 1972.
- DAVIES, J.N.; WINSOR, G.W. Effect of nitrogen, phosphorus, potassium, magnesium and liming on the composition of tomato fruit. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.18, p.459-466, 1967.
- DELLAPENNA, D.; ALEXANDER, D.C.; BENNETT, A.B. Molecular cloning of tomato fruit polygalacturonase: Analysis of polygalacturonase mRNA levels during ripening. **Proceedings. National. Academic. Science**, USA, v.83, p.6420-6424, 1986.
- DELLAPENNA, D.; BENNETT, A.B. *In vitro* synthesis and processing of tomato fruit polygalacturonase. **Plant Physiology**, Baltimore, v.86, n.4, p.1057-1063, 1988.
- DELLAPENNA, D.; KATES, D.S.; BENNETT, A.B. Polygalacturonase gene expression in Rutgers, *rin*, *nor*, and *NR* tomato fruits. **Plant Physiology**, Baltimore, v.85, p.502-507, 1987.
- DELLAPENNA, D.; LASHBROOK, C.C.; TOENJES, K.; GIOVANNONI, J.J.; FISCHER, R.L.; BENNETT, A.B. Polygalacturonase isozymes and pectin depolymerization in transgenic *rin* tomato fruit. **Plant Physiology**, Baltimore, v.94, p.1882-1886, 1990.
- DELLAPENNA, D.; LINCOLN, J.E.; FISCHER, R.L.; BENNETT, A.B. Transcriptional analysis of polygalacturonase and other ripening associated genes in Rutgers, *rin*, *nor* and *Nr* tomato fruit. **Plant Physiology**, Baltimore, v.90, p.1372-1377, 1989.
- DEMARTY, M.; MORVAN, C.; THELLIER, M. Calcium and the cell wall. **The Plant Cell and Environmental**, Oxford, v.7, p.441-448, 1984.

- DENNISON, R.A.; HALL, C.B.; NETTLES, V.F. Influence certain factors on tomato quality. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, St. Petersburg, v.65, p.108-111, 1952.
- DERGAL, S.B. **Quimica de los alimentos**. Mexico: Ed. Alhambra mexicana, 1981. 423p.
- DINAR, M.; STEVENS, M.A. The relationship between starch accumulation and soluble solids content of tomato fruits. **Journal American Society of Horticultural Science**, Mount, v.106, p.415-418, 1981.
- DIRINCK, P.; DEPOOTER, H.; SCHAMP, N. Aroma development in ripening fruits. In: TERANISHI, R.; BUTTERY, R.G.; SHAHIDI, F. (eds.) **Flavor Chemistry**. Trends and developments. Washington: American chemistry Society, 1989. p.23-24.
- DISCHE, Z. Color reactions of carbohydrates. In: WHISTLER, R.L.; WOLFRAN, M.L. (eds.) **Methods in carbohydrates chemistry**, New York: Academic Press, 1962. v.1, p.477-512.
- ERICSON, M.C.; ELBEIN, A.D. Biosynthesis of cell wall polysaccharides and glycoproteins. In: STUMPF, P.K.; CONN, E.E. **The Biochemistry of Plants**. New York: Academic Press, 1980. v.3, cap. 4, p. 589-616.
- FARKAS, J. Breeding for tomato fruit quality. **Acta Horticulturae**, The Hague, v.220, p.69-75, 1987.
- FARKAS, J. Tomato breeding in Hungary- Current varietal situation. **Hungarian Agricultural Research**, v.3, n.3, p.23-27, 1994.
- FISCHER, R.L. ; BENNETT, A.B. Role of cell wall hydrolases in fruit ripening. **Annual Review Physiology Plant. Molecular Biology**, v.42, p675-703, 1991.
- FRASER, P.D.; TRUESDALE, M.R.; BIRD, C.R.; SCHUCH, W.; BRAMLEY, P.M. Carotenoid biosynthesis during tomato fruit development. **Plant Physiology**, Baltimore, v.105, p.405-413, 1994.
- FRY, S.C. Cross-linking of matrix polymers in the growing cell walls of angiosperms. **Annual review Plant Physiology**, Palo Alto, v.37, p.165-186, 1986.
- FRY, S.C.; ALDINGTON, S.; HETERINGTON, P.R.; AITKEN, J. Oligosaccharides as signals and substrates in the plant cell wall. **Plant Physiology**, Baltimore, v.103, p.1-5, 1993.

- GAFFE, J.; TIEMAN, D.M.; HANDA, A.K. Pectin methylesterase isoforms in tomato (*Lycopersicon esculentum*) tissues. Effects of expression of a pectin methylesterase antisense gene. **Plant Physiology**, Baltimore, v.105, p.199-203, 1994.
- *GARDENER, R.G. "Piedmont" tomato. **HortScience**, Alexandria, v.20, n.5, p.960-961, 1985.
- GARVEY, T.C.; HEWITT, J.D. Use of molecular markers to locate quantitative trait loci linked to high soluble solids content in a hybrid of *Lycopersicon cheesmanii*. **Journal of the American Society Horticultural Science**, Mount, v.117, p.497-499, 1992.
- GIOVANE, A.; QUAGLIUOLO, L.; SERVILLO, L.; BALESTRIERI, C.; LARRATTA, B.; LOIUDICE, R.; CASTALDO, D. Purification and characterization of three isozymes of pectin methylesterase from tomato fruit. **Journal of Biochemistry**, Tokyo, v.17, p. 339-349, 1994.
- GIOVANNONI, J.J.; DELLPENNA, D.; BENNETT, A.B.; FISCHER, R.L. Expression of a chimeric polygalacturonase gene in transgenic *rin* (ripening inhibitor) tomato fruit results in polyuronide degradation but not fruit softening. **The Plant Cell**, Rockville, v.1, p.53-63, 1989.
- GIUDICE, I.M. Aspectos econômicos da cultura do tomateiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.6, p3-7, 1980.
- GLENN, G.M.; REDDY, A.S.N.; POOVAIAH, B.W. Effect of calcium cell wall structure protein Phosphorylation and protein profile in senescing apples. **Plant Cell Physiology**, Tokyo, v.29, n.4, p.565-572, 1988.
- GOODENOUGH, P.W.; TUCKER, G.A.; GRIERSON, D.; THOMAS, T. Changes in color, polygalacturonase monosaccharides and organic acids during storage of tomatoes. **Phytochemistry**, Oxford, v.21, n.2, p.281-284, 1982.
- GRANT, G.T.; MORRIS, E.R.; REES, D.A.; SMITH, P.J.C.; THOM, D. Biological interactions between polysaccharides and divalent cations: the egg-box model. Federation of European Biochemical Societies (FEBS). **Letters**, New York, v.32, n.1, p.195-198, 1973.
- GRIERSON, D.; MAUNDERS, M.J.; HOLDSWORTH, M.J.; et al. Expression and function of ripening genes. In: NEVINS, D.; JONES, R. (eds.) **Tomato biotechnology**, New York: Alan R. Liss Inc., 1987. p.309-323.

- GRIERSON, D.; TUCKER, G.; ROBERTSON, N. The regulation of gene expression during the ripening of tomato fruits. In: GOODENOUGH, P.W.; ATKIN, R.K. (eds.) **Quality in stored and processed vegetables and fruit**. London: Academic Press, 1981. Cap.3.1, p.179-191.
- GROSS, K.C. Recent developments on tomato fruit softening. **Post-harvest News and information**, v.1, p.109-112, 1990.
- *GROSS, K.C.; SAMS, C.E. Changes in cell wall neutral sugar composition during tomato fruit ripening: A species survey. **Phytochemistry**, Oxford, v.23, p.2457-2461, 1984.
- GROSS, K.C.; WALLNER, S.J. Degradation of cell wall, polysaccharides during tomato fruit ripening. **Plant physiology**, Baltimore, v.63, p.117-120, 1979.
- GUILIANO, G.; BARTLEY, G.E.; SCOLNIK, P. Regulation of carotenoid biosynthesis during tomato development. **The Plant Cell**, Rockville, v.5, p.379-387, 1993.
- GULL, D.D.; STOFFELLA, P.J.; LOCACIO, S.J.; OLSON, S.M.; BRYAN, H.H.; EVERETT, P.H.; HOWE, T.K.; SCOTT, J.W. Stability differences among fresh-market tomato genotypes. II Fruit quality. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount, v.114, p.950-954, 1989.
- HALL, C.B. Firmness of tomato fruit tissues according to cultivar and ripeness. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount, v.112, n.4, p.663-665, 1987.
- HALL, C.B.; AUGUSTINE, J.J. Fruit firmness of firm tomato cultivars ripened in storage at 20°C for extended periods. **HortScience**, Alexandria, v.16, n.6, p.780-781, 1981.
- HALL, L.; TUCKER, G.A.; SMITH, C.J.S.; WATSON, C.F.; SEYMOUR, G.B. et al., Antisense inhibition of pectin esterase gene expression in transgenic tomatoes. **Plant Journal**, v.3, p.121-129, 1993.
- HAMSON, A.R. Measuring firmness of tomatoes in breeding program. **Proceeding of the American Society for Horticultural Science**, Beltsville, v.60, p.425-433, 1952.
- HANNA, G.C. Changes in pH and soluble solids of tomatoes during on storage of ripe fruit. **Proceeding of the American for Horticultural Science**, Beltsville, v.78, p.459-463, 1961.
- HARDING, R.M. ; SHROPSHIRE, Jr., W. Protocontrol of carotenoid biosynthesis. **Annual review Plant Physiology**, Palo Alto, v.31, p.217-238, 1980.
- fruit production and distribution. **Acta Horticulturae**, The Hague, v.163, p.47-54, 1984.

- HARRIMAN, R.W.; TIEMAN, D.M.; HANDA, A.K. Molecular cloning of tomatos pectin methylesterase gene and its expression in rutgers, ripening inhibitor, nonripening, and never ripe tomatos fruits. **Plant Physiology**, Baltimore, v.97, p.80-87, 1991.
- HARRIS, W.M.; SPURR, A.R. Chromoplasts of tomato fruits. II. The red tomato. **American Journal of Botanic**, Lancaster, v.56, p.369-379, 1969.
- HETHERINGTON, M.J.; MAC DOUGALL, D.B. Optical properties and appearance characteristics of tomato fruit (*Lycopersicon esculentum*). **Journal of the Science Food and Agriculture**, London, v.59, p.537-543, 1992.
- HEWITT, J.D.; DINAR, M.; STEVENS, M.A.S. Strength of fruits of two tomato genotypes differing in total fruit solids content. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount, v.107, p.896-900, 1982.
- HO, L.C. Regulation of assimilate translocation between leaves and fruits in the tomato. **Annual Botanic**, London, v.43, p.437-448, 1979.
- HO, L.C.; SJUT, V.; HOAD, G.V. The effects of assimilate supply in fruit growth and hormone level in tomato plants. **Plant Growth Regulation**, The Hague, v.1, p.155-171, 1983.
- HOBSON, G.E. The effects of alleles at the "niver ripe" locus on the ripening tomato fruit. **Phytochemistry**, Oxford, V.6, p.1337-1341, 1967.
- HOBSON, G.E. Effects of the introduction of non-ripening mutant genes on the composition and enzyme content of tomato fruit. **Journal of the Science of Food Agricultural**, London, v.34, p.578-584, 1980.
- HOBSON, G.E. Low-temperature injury and the storage of ripening tomatoes. **Journal Horticultural Science**, Kent, v.62, n.1, p.55-62, 1987.
- HOBSON, G.E. Polygalacturonase in normal and abnormal tomato fruit. **Biochemistry Journal**, New York, v.92, p.324-332, 1964.
- HOBSON, G.E.; DAVIES, J.N. The tomato. In: HULME, A.C. **The Biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, 1971. v.2, cap.13, p.437-482.
- HOBSON, G.E.; HARMAN, J.E. Tomato fruit development and control of ripening. **Acta Horticulturae**, The Hague, v.190, p.167-173, 1986.
- HOBSON, G.E.; KILBY, P. Rapid assessment of tomato composition during high quality fruit production and distribution. **Acta Horticulturae**, The Hague, v.163, p.47-54, 1984.

- HOBSON, G.E.; RICHARDSON, C.; GILHAM, D.J. Release of protein from normal and mutant tomato cell walls. **Plant Physiology**, Baltimore, v.71, p. 635-638, 1983.
- HUBER, D.J. Acidified phenol alters tomato cell wall pectin solubility and calcium content. **Phytochemistry**, Oxford, v.30, n.8, p.2523-2527, 1991.
- HUBER, D.J. The inactivation of pectin depolymerase associated with isolated tomato fruit cell wall. Implications for the analysis of pectin solubility and molecular weight. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.86, p.25-32, 1992.
- HUBER, D.J. Polyuronide degradation and hemicellulose modifications in ripening tomato fruit. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount, v.108, p.405-409, 1983b.
- * HUBER, D.J. The role of cell wall hydrolase in fruit softening. **Horticulturae Review**, v.5, p.169-219, 1983a.
- HUBER, D.J. Strawberry fruit softening: The potential roles of polyuronides and hemicellulases. **Journal of Food Science**, Chicago, v.49, p. 1310-1315, 1984.
- HUBER, D.J.; LEE, J.H. Comparative analysis of pectins from pericarp and locular gel in developing tomato fruit. In: FISHMAN, M.L.; JEN, J.J. (eds), **Chemistry and function of pectins**. Washington: American Chemical Society, 1986. p.134-140.
- HUBER, D.J.; LEE, J.H. Polygalacturonase activity in ripening tomato fruit determined using pericarp discs. **Journal of Experimental Botany**, London, v.40, n.221, p.1331-1336, dec. 1989.
- HUBER, D.J.; LEE, J.H. Uronic acid products release from enzymatically active cell wall and its dependency on enzyme quantity and distribution. **Ibid**, Chicago, v.87, p.592-597, 1988.
- HULME, A.C. **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, 1971. v.1, 781p.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análises de alimentos** 3.ed. São Paulo, 1985. v.1, 533p.
- JACKMAN, R.L.; MARANGONI, A.G.; STALEY, D.W. Measurement of tomato fruit firmness. **HortScience**, Alexandria, v.25, p.781-783, 1990.
- JARVIS, M.C. The proportion of calcium-bound pectin in plant cell walls. **Planta**, New York, v.154, p.344-346, 1982.

- JARVIS, M.C. Structure and properties of pectin gels in plant cell walls. **Plant Cell Environment**, Oxford, v.7, p.153-164, 1984.
- JEN, J.J.; ROBINSON, M.L.P. Pectolytic enzymes in sweet bell peppers (*Capsicum annuum* L.) **Journal of Food Science**, Chicago, v.49, p.1045-1087, 1984.
- JONES, R.A.; SCOTT, S.J. Genetic potential to improve tomato flavor in commercial F₁ hybrids. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount, v.109, n.3, p.318-321, 1984..
- KADER, A.A.; MORRIS, L.L. STEVENS, M.A.; ALBRIGHT-HOLTON, M. Composition and flavor quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest handling procedures. **American Society for Horticultural Science**, Alexandria, V.103, n.1, p.2-13, 1978.
- KEMBLE, J.M.; GARDNER, R.G. Inheritance of shortened fruit maturation in the cherry tomato cornell 871213-1 and its relation to fruit size and other components of earliness. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Mount, v. 117, n.4, p.646-650, 1992.
- KHUDARI, A.K. The ripening of tomatoes. **American Scientist**, New Haven, v.6, p.696-707, 1972.
- KNEE, M. Metabolism of polymethylgalacturonate in apple fruit cortical tissue during ripening. **Phytochemistry**, Oxford, v.17, p.1261-1264, 1978.
- KNEE, M. Polysaccharide changes in cell walls of ripening apples. **Phytochemistry**, Oxford, v.12. p.1543-1546, 1973.
- KNEE, M.; FINGER, F. NADP⁺ -MALIC enzyme and organic acid levels in developing tomato fruits. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount, v.117, n.5, p.799-801, 1992.
- KNEE, M.; SARGENT, J.A. ; OSBORNE, D.J. Cell wall metabolism in developing strawberry fruit. **Journal of Experimental Botany**, London, v.28, p.377-396, 1977.
- KNEGT, E.; VERMEER, E.; PARK, C.; BRUINSMA, J. Conversion of the polygalacturonase isoenzymes from ripening tomato fruits. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.72, p.108-114, 1988.
- KNEGT, E.; VERMEER, E.; PARK, C.; BRUINSMA, J. Function of the polygalacturonase convertor in ripening tomato fruit. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.82, p.237-242, 1991.

- KOCH, J.L.; NEVINS, D.J. Tomato fruit cell wall. I. Use of purified tomato polygalacturonase and pectinmethylesterase to identify developmental changes in pectins. **Plant Physiology**, Baltimore, v.91, p.816-822, 1989.
- KOCH, J.L.; NEVINS, D.J. Tomato fruit cell wall. II. Polyuronide metabolism in a nonsoftening tomato mutant. **Plant Physiology**, Baltimore, v.92, p.642-647, 1990.
- LEAL, N.R. **Herança da conservação natural pós-colheita de frutos do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill)**. Conservação de frutos e anatomia do pericarpo de híbridos entre a introdução alcobaça e alguns cultivares. Viçosa: UFV, 1973. 66p. (Tese-Mestrado em Fitotecnia).
- LIMA, L.C.O. **Bioquímica da parede celular de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), cv Santa Clara: Transformações e interações com cálcio durante a maturação**. Lavras: ESAL, 1992. 100p. (Tese-Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- LINCOLN, J.E.; CORDES, S.; READ, E.; FISCHER, R.L. Regulation of gene expression by ethylene during *Lycopersicon esculentum* (tomato) fruit development. **Proceedings National Academic Science**, London, v.84, p.2793-2797, 1987.
- LINCOLN, J.E.; FISCHER, R.L. Regulation of gene expression by ethylene in wild-type and *rin* tomato (*Lycopersicon esculentum*) fruit. **Plant Physiology**, Baltimore, v.88, p.370-374, 1988.
- LINCOLN, R.E.; ZACHEILE, F.P.; PORTER, J.W.; KOHLER, G.W.; CALDWELL, R.M. Provitamin A and vitamin C in the genus *Lycopersicon*. **Botanical Gazette**, Chicago, v.105, p.113, 1943.
- LOBO, M.; BASSETT, M.J.; HANNAH, L.C. Inheritance and characterization of the fruit ripening mutation in 'Alcobaça' tomato. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount, v.109, n.5, p.741-745, 1984.
- LOWER, R.L.; THOMPSON, A.E. Sampling variation of acidity and solids in tomatoes. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Beltsville, v.89, p.512-552, 1966.
- MABBETT, T.H. Control of texture in tomatoes nears reality. **Agriculture international**, London, v.41, n.7, 239-240, July 1989.
- MACCOLLUMN, T.G.; HUBER, D.J.; CANTLIFFE, D.J. Modification of polyuronides and hemicelluloses during muskmelon fruit softening. **Plant Physiology**, Baltimore, v.76, p.303-308, 1989.
- MALEWSKI, W.; MARKAKIS, P. Ascorbic acid content of the developing tomato fruit. **Journal of Food Science**, Chicago, v.36, p.537, 1971.

- MALIS-ARAD, S.; DIDI, S.; MIZRAHI, Y.; KOPELIOVITCH, E. Pectic substances: Changes in soft and firm tomato cultivars and in non-ripening mutants. **Journal of Horticultural Science**, Maidstone, v.58, n.1, p.111-116, 1986.
- MARKOVIC, O.; JÖRNVALL, H. Pectinesterase. The primary structure of the tomato enzyme. **FEBS European Journal Biochemistry**, Amsterdam, v.158, p.455-462, 1986.
- MARKOVIC, O.; KOHN, R. Mode of pectin deesterification by *Trichoderma reesei* pectinesterase. **Experientia**, Basil, v.40, p.842-843, 1984.
- MARTIN, F.W. Genes for long shelf-life in tomato. **The Journal of Agriculture of the University of Porto Rico**, Rio Pedras, v.71, p.313-321, 1987.
- MATOO, A.K.; MURATA, T.; PANTASTICO, Er.B.; CHANCHIN, K.; OGATA, K.; PHAN, C.T. Chemical changes during ripening and senescence. In: PANTASTICO, Er. B.; ed. **Postharvest Physiology, Handling and Utilization of tropical and subtropical and vegetables**. Westport: AVI, 1975. cap.7, p.103-127.
- McCREADY, R.M.; McCOMB, E.A. Extraction and determination of total pectin, materials in fruits. **Analytical chemistry**, Washington, v.24, n.12, 1586-1588, Dec. 1952.
- MELO, P.C.T. de. Tendências do melhoramento genético do tomateiro visando mesa e indústria no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE PRODUÇÃO E ABASTECIMENTO DE TOMATE, 2, Jaboticabal, 1991. Segundo... Jaboticabal: UNESP, 1991. p.35-64.
- MENCARELLI, F.; SALTVEIT JR., M.E. Ripening of mature-green tomato fruit slices. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount, v.113, n.5, p.742-745, 1988.
- MENEILL, M.; DARVILL, A.G.; STEPHEN, C.F.; ALBERSHEIN, P. Structure and function of the primary cell wall of plants. **Annual Review Biochemistry**, Palo Alto, v.53, p.625-663, 1984.
- MITCHAM, E.J.; GROSS, K.C.; NG, T.J. Ripening and cell wall synthesis in normal and mutant tomato fruit. **Phytochemistry**, Oxford, v.30, n.6, p.1777-1780, 1991.
- MITCHAM, E.J.; GROSS, K.C.; TIMOTHY, J.N. Tomato fruit cell wall synthesis during development and senescence. **Plant Physiology**, Baltimore, v.89, p.477-481, 1989.
- MONEY, R.W.; CHRISTIAN, W.A. Analytical data of some common fruits. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.1, p.8-12, 1950.

- MORRIS, E.R.; POWELL, D.A.; GIDLEY, M.J.; REES, D.A. Conformations and interactions of pectins. I. Polymorphism between gel and solid states of calcium polygalacturonate. **Journal of Molecular Biology**, London, v.155, p. 507-516, 1982.
- MUTSCHLER, M.A. Inheritance and linkage of the 'alcobaça' ripening mutant in tomato. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount, v.109, p.500-503, 1984a.
- MUTSCHLER, M.A. Ripening and storage characteristics of the 'alcobaça' ripening mutant in tomato. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount, v.109, p.504-507, 1984b.
- MUTSCHLER, M.A.; WOLFE, D.W.; COBB, E.D.; YOURSTONE, K.S. Tomato fruit quality and shelf life in hybrids heterozygous for the *alc* ripening mutant. **HortScience**, Alexandria, v.27, p.352-355, 1992.
- NAKHASI, S.; SCHLIMME, D.; SOLOMOS, T. Storage potential of tomatoes harvest at the breaker stage using modified atmosphere packaging. **Journal of Food Science**, Chicago, v.56, p.55-59, 1991.
- NELSON, N.A. A photometric adaptation of Somoggi method for determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v.135, p.136-175, 1944.
- NGUYEN, V.Q.; ASHCROFT, W.J.; JONES, K.H.; McGLASSON, W.B. Evaluation of *F₁* hybrids incorporating the *rin* (ripening inhibitor) gene to improve the storage life and fruit quality of fresh market tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill). **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Victoria, v.31, p.407-413, 1991.
- O'BEIRNE, D.; VAN BUREN, J.P.; MATTICK, L.R. Two distinct pectin fractions from senescent idared apples extracted using nondegradative methods. **Journal Food Science**, Chicago, v.47, p.173-176, 1982.
- O'NEILL, M.; ALBERSHEIN, P.; DARVILL, A. The pectic polysaccharides of primary cell walls. In: DEY, P.M.; HARBORNE, J.B. (eds). **Methods in plant biochemistry**. Carbohydrates. London: Academic Press, 1990. v.2, p.415-441.
- PANTÁSTICO, E.B. Structure of fruits and vegetables. In: PANTÁSTICO, E.B.(ed.) **Postharvest, physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables**. Westport: AVI, 1975. p.1-24.

- PANTÁSTICO, E.B.; CHATTOPADHYAY, T.K.; SUBRAMANYAM, H. Storage and commercial storage operations. In: PANTÁSTICO, E.B. (ed.) **Postharvest, physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables**. Westport: AVI, 1975. p.314-338.
- PANTOS, C.E.; MARKAKIS, P. Ascorbic acid content of artificially ripened tomatoes. **Journal of Food Science**, Chicago, v.38, p.550, 1973.
- PAULL, R.E.; CHEN, N.J. Postharvest variation in cell wall degrading enzymes of papaya (*Carica papaya* L.) during fruit ripening. **Plant Physiology**, Baltimore, V.72, P.382-385, 1983.
- PETRO-TURZA, M. Flavor of tomato and tomato products. **Food Review International**, v.2, n.3, p.309-351, 1987.
- PICHA, D.H. Sugar and organic acid content of cherry tomato fruit at different ripening stages. **HortScience**, Alexandria, v.2, p.94 -96, 1987.
- PINTO, C.M.; CASALI, V.W.D. Origem botânica do tomateiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.6,p.8-9, 1980.
- POOVAIAH, B.W. Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v.16, p.86-89, 1886.
- POOVAIAH, B.W.; GLENN, G.M.; REDDY, A.S.N. Calcium and fruit softening: Physiology and biochemistry. **Horticultural Review**, Cairo, v.10, p.107-151, 1988.
- PORTER, J.W.; LINCOLN, R.E. I. *Lycopersicon* selections containing a high content of carotenes and colorless polyenes. II. The mechanism of carotene biosynthesis. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, New York, v.27, p.390-403, 1950.
- POWELL, D.A.; MORRIS, E.R.; GIDLEY, M.J.; REES, D.A. Conformations and interactions of pectins. II. Influence of residue sequence on chain association in calcium pectate gels. **Journal of Molecular Biological**, London, v.155, p.517-531, 1982.
- POWERS, J.J. Effect of acidification of canned tomatoes on quality and shelf-life. **CRC Critical Review Food Science Nutrition**, Boca Raton, v.7, p.371-396, 1976.
- PRATT, H.K.; WORMAN, M. Studies on the physiology of tomato fruits. III. The effect of ethylene on respiration and ripening behavior of fruit stored at 20° C after harvest. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Beltsville, v.81,p. 467-477, 1962.

- PRESSEY, R. Changes in polygalacturonase isoenzymes and converter in tomatoes during ripening. **HortScience**, Alexandria, v.21, p.1183-1185, 1986.
- PRESSEY, R.; AVANTS, J.K. Solubilization of cell walls by tomato polygalacturonases: effects of pectinesterases. **Journal of Food Biochemistry**, Wesport, v.1, n.6, p.57-74, 1982.
- RICARD, J.; NOAT, G. Electrostatic effects and the dynamics of enzymes reactions at the surface of plant cells. I. A theory of the ionic control of a complex multi-enzyme system. **European Journal of Biochemistry**, New York, v.155, p.183-190, 1986.
- RIGNEY, C.J.; WILLS, R.B.H. Calcium movement a regulating factor in the initiation of tomato fruit ripening. **HortScience**, Alexandria, v.16, p.550-551, 1981.
- ROBINSON, N.L.; HEWITT, P.J.; BENNETT, A.B. Sink metabolism in tomato fruit. 1. Developmental changes in carbohydrate metabolizing enzymes. **Plant Physiology**, Baltimore, v.87, p.727-730, 1988.
- RUSHING, J.W.; HUBER, D.J. Color and firmness of selected Florida-Grown tomato cultivars. **Proceedings Florida State Horticulture society**, Gainesville, v.96, p.107-109, 1983.
- RUSHING, J.W.; HUBER, D.J. Effects of Na Cl, pH, Ca^{+2} on autolysis of isolated tomato fruit cell walls, **Plant Physiology**, Baltimore, v.70, p.78-84, 1987.
- RUSHING, J.W.; HUBER, D.J. Mobility of bound polygalacturonase in isolated cell wall from tomato pericarp tissue. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount, v.115, n.1, p.97-101, 1990.
- RUSHING, J.W.; HUBER, D.J. Mobility of polygalacturonase in isolated cell wall. **Plant Physiology**, Baltimore, v.77, p.66, 1985.
- RUSHING, J.W.; HUBER, D.J. *In vitro* characterization of tomato fruit softening: The use of enzymically active cell walls. **Plant Physiology**, Baltimore, v.75, p.891-894, 1984.
- SAPERS, G.M.; PHILLIPS, J.G.; DANASIUK, O.; CARRE, J.; STONER, A.K.; BARKSDALE, T. Factors affecting the acidity of tomatoes. **HortScience**, Alexandria, v.13, p.187-189, 1978.
- SARRIÉS, G.A.; OLIVEIRA, J.C.V.; ALVES, M.C. **SANEST**. Piracicaba: CIAGRI, 1992. 80P. (Série Didática Ciagri, 6).
- SCHUCH, W.; KANCZLER, J.; ROBERTSON, D.; HOBSON, G.; TUCKER, G.A.; GRIERSON, D. BRIGHT, S.; BIRD, C. Fruit quality characteristics of transgenic

tomato fruit with altered polygalacturonase activity. **HortScience**, Alexandria, v.26, N.12, p.1517-1520, 1991.

SELVENDRAN, R.R. Analysis of cell wall material from plant tissues: extraction and purification. **Phytochemistry**, Oxford, v.14, p. 1011-1017, 1975.

SEXTON, R.; ROBERTS, J.A. Cell biology of abscission. **Annual Review Plant Physiology**, Palo Alto, v.33, p.133-162, 1982.

SEYMOUR, G.B.; HARDING, S.E.; TAYLOR, A.; HOBSON, G.E.; TUCKER, G.A. Polyuronide solubilization during ripening of normal and mutant tomato fruit. **Phytochemistry**, Oxford, v.26, n.7, p.1871-1875, 1987.

*SEYMOUR, G.B.; LASSLETT, Y.; TUCKER, G.A. Differential effects of pectolytic enzymes on tomato polyuronides in vivo and in vitro. **Phytochemistry**, Oxford, v.26, p.3137-3139, 1987.

SHEEHY, R.E.; KRAMER, M.; HIATT, W.R. Reduction of polygalacturonase activity in tomato fruit by antisense RNA. **Proceedings National Academic Science, USA**, v.85, p.8805-8809, 1988.

SIGRIST, J.M.M. Transpiração. In: SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura. Coordenadoria de Pesquisa Agropecuária. Instituto de Tecnologia de Alimentos. **Tecnologia de Pós-Colheita de Frutas Tropicais**, Campinas, 1988. p. 29-33.

SIMANDLE, P.A.; BROGDON, J.L.; SWEENEY, J.P.; MOBLEY, E.D.; DAVIES, D.W. Quality of six tomato varieties as affected by some compositional factors. **Proceedings of the American for Horticultural Science**, New York, v.89, p. 532-538, 1966.

SINGH, B.P.; SINGH, H.K.; CHAUHAN, K.S. Effects of post-harvest calcium treatment on the storage life of guava. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, India, v.51, n.1, p.44-47, 1981.

SMITH, C.J.S.; WATSON, C.F.; MORRIS, P.C.; et al., Inheritance and effect on ripening of antisense polygalacturonase genes expression in transgenic tomatoes. **Plant Molecular Biological**, The Hague, v.14, p.369-379, 1990.

SMITH, C.J.S.; WATSON, C.F.; RAY, J.; BIRD, C.R.; MORRIS, P.C.; SCHUCH, W.; GRIERSON, D. Antisense RNA inhibition of polygalacturonase gene expression in transgenic tomatoes. **Letters to Nature**, v.334, n.25, p.724-726, 1988.

SOUZA, M.C.; SINGHA, S.; INGLE, M. Lycopene concentration fo tomato fruit can be estimated from chromaticity values. **Hortscience**, Alexandria, v.27, n.5, p.465-466, 1992.

- SPEIRS, J.; BRADY, C.J. GRIERSON, D.; LEE, E. Changes in ribosomes organization and mRNA abundance in ripening tomato fruit. **Australian Journal of Plant Physiology**, Victoria, v.11 p.225-233, 1984.
- STEVENS, M.A. Citrate and malate concentration in tomato fruits: genetic control and maturational effects. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount, v.97, p.655-668, 1972.
- STEVENS, M.A.; KADER, A.A.; ALBRIGHT-HOLTON, M.; ALGAZI, M. Genotypic variation for flavor and composition in fresh market tomatoes. **Journal of the American Society for Horticultural Science**. Mount, v.102, p.680-689. 1977.
- STOMMEL, J.R.; HAYNES, K.G Genetic control of fruit sugar accumulation in a *Lycopersicon esculentum* X *L. hirsutum* Cross. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount, v.118, n.6, p.859-863, 1993.
- SUWWAN, M.A.; POOVIAH, B.W. Association between elemental content and fruit ripening in *rin* and normal tomatoes. **Plant Physiology**, Baltimore, v.61, p.883-885, 1978.
- TABIM, M.H. **Conservação natural pós-colheita de frutos do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill). II Conservação de frutos híbridos entre a introdução alcobaça e alguns cultivares.** Viçosa: UFV, 1974. 30p. (Tese-Mestrado em Fitotecnia).
- THEOLOGIS, A.; ZAREMBINSK, T.I.; OELLER, P.W.; LIANG, X.; ABEL, S. Modification of fruit ripening by suppressing gene expression. **Plant Physiology**, Baltimore, v.100, p.549-551, 1992.
- THOMPSON, A.E. Comparison of fruit constituents of normal and high pigment tomatoes. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, New York, v.78, p.464-473, 1961.
- THOMPSON, A.E. A comparison of fruit quality constituents of normal and high pigment tomatoes. **American Society for Horticulture Science**, Alexandria, v.78, p.464-473, 1962.
- THOMPSON, A.E.; TOMES, M.L.; WANN, E.V.; MCCOLLUM, J.P.; STONER, A.K. Characterization of crimson tomato fruit color. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, New York, v.86, p.610-616, 1965.
- THORNE, S.N.; EFIUVWEVWERE, B.J.O. Changes in organic acids in chilled tomato fruit (*Lycopersicon esculentum* Mill). **Journal Science of Food Agricultural**, London, v.44, p.309-319, 1988.

- TIEMAN, D.M.; HANDA, A.K. Reduction in pectinmethylesterase activity modifies tissue integrity and cation levels in ripening tomato (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) fruits. **Plant Physiology**, Baltimore, v.106, p.429-436, 1994.
- TIEMAN, D.M.; HARRIMAN, R.W.; RAMAMOCHAN, G.; HANDA, A.K. An antisense pectin methylesterase gene alters pectin chemistry and soluble solids in tomato fruit. **The Plant Cell**, Indiana, v.4, p.667-679, 1992.
- TOMES, M.L.; QUACKENBUSH, F.W.; NELSON Jr., O.E.; NORTH, B. The inheritance of carotenoid pigment systems in the tomato. **Genetics**, Madison, v.38, p.117-127, 1953.
- TONG, C.B.S.; GROSS, K.C. Stimulation of ethylene production by a cell wall component from mature green tomato fruit. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.80, p.500-506, 1990.
- TUCKER, G.A.; ROBERTSON, N.G.; GRIERSON, D. Changes in polygalacturonase isoenzymes during the "ripening" of normal and mutant tomato fruit. **European Journal Biochemistry**, New York, v.112, p.119-124, 1980.
- TUCKER, G.A.; ROBERTSON, N.G.; GRIERSON, D. Purification and changes in activities of tomato pectinesterase isoenzymes. **Journal Science of Food Agriculture**, Chicago, v.33, p.396-400, 1982.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Department of Food and Agriculture Californian Vegetable Review**, California, v.2, n.9, p.1-6, 1981.
- VAN BUREN, J.P. The chemistry of texture in fruits and vegetables. **Journal of Texture Studies**, Westport, v.10, p. 1-23, Sept. 1979.
- VARNER, J.R.; LINS, L.S. Plant cell wall architecture. **Cell**, Cambridge, v.56, p.231-239, 1989.
- VILLARREAL, F.; LUH, B.S.; LEONARD, S.J. Influence of ripeness level on organic acids in canned tomato juice. **Food Tecnology**, Champaign, v.14, n.3, p.176-179, 1960.
- WALKER, A.J.; HO, L.C. Carbon translocation in the tomato: Carbon import and fruit growth. **Annual Botanic**, v.41, p.813-823, 1977.
- WALKINSHAW, M.D.; ARNOTT, S. Conformations and interactions of pectins. II. Models for junction zones in pectinic acid and calcium pectate gels. **Journal of Molecular Biological**, The Hague, v.153, p.1075-1085, 1981.

- WALLENER, S.J.; BLOOM, H.L. Characteristics of tomato cell wall degradation *in vitro*: Implications for the study of fruit-softening enzymes. **Plant Physiology**, Baltimore, v.60, p.207-210, 1977.
- WARNOCK, S.J. Arscobic acid content of fresh and processed purees from twelve tomato cultivars. **HortScience**, Alexandria, v.18, p.728-730, 1983.
- WATADA, A.E.; AULENBACH, B.B.; WORTHINGTON, J.T. Vitamins A and C in ripe tomatoes as affected by stage of ripeness at harvest and by supplementary ethylene. **Journal of Food Science**, Chicago, v.41, p.856-858, 1976.
- WILLS, R.B.H.; TIRMAZI, S.I.H. Retardation of ripening of mangoes by post harvest application of calcium. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v.58, n.2, p.137-141, 1981.
- WINSOR, G.W. Some factors affecting the quality and composition of tomatoes. **Acta Horticulturae**, La Prata, v.93, p.335-341, 1979.
- WINSOR, G.W.; DAVIES, J.N.; MASSEY, D.M. Composition of tomato fruit. III. Juices from whole fruit and locules at different stages of ripeness. **Journal Science Food Agriculture**, Chicago, v.13, p.108-115, 1962.
- WOLTERS, C.J.; VAN GERMERT, L.J. Towards an integrated model of sensory attributes, instrumental data and consumer perception of tomatoes. Part I. Relation between consumer perception and sensory attributes. **Acta Horticulturae**, La Prata, v.259, p.91-106, 1990.
- WOODWARD, J.R. Physical and chemical changes in developing strawberry fruit. **Journal Science Food Agricultural**, Chicago, v.23, p. 465-473, 1972.
- YAMAKI, S.; MACHIADA, Y.; KAKIUCHI, N. Changes in cell wall polysacchrides during development and ripening of japonese pear fruit. **Plant Cell Physiology**, v.20, p.311-312, 1979.
- YOUNG, T.E.; JUVIK, J.A.; SULLIVAN, J.G. Accumulation of the components of total solids in reaping fruits of tomato. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount., v.118, n.2, p.286-292, 1993.
- ZAMBON, F.R.A. **Comparação dos processos de maturação de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) Kada, mutantes *nor* e *rin* e seus híbridos F₁**. Viçosa: UFV, 1984. 45p. (Tese-Mestrado em Fitotecnia).
- ZHENG, L.; WATSON, C.F.; DELLAPENNA, D. Differential expression of the two subunits of tomato polygalacturonase isoenzyme 1 in wild-type and *rin* tomato fruit. **Plant Physiology**, Baltimore, v.105, p.1189-1195, 1994.