



DANIELA COSTA SANTOS

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS DE
HÍBRIDOS DE TOMATEIRO QUANTO À
COLORAÇÃO E CONSERVAÇÃO PÓS-
COLHEITA**

LAVRAS - MG

2012

DANIELA COSTA SANTOS

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS DE HÍBRIDOS DE
TOMATEIRO QUANTO À COLORAÇÃO E CONSERVAÇÃO PÓS-
COLHEITA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Luiz Antonio Augusto Gomes

LAVRAS - MG

2012

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Santos, Daniela Costa.

Produção e qualidade de frutos de híbridos de tomateiro quanto à
coloração e conservação pós-colheita / Daniela Costa Santos. –
Lavras: UFLA, 2012.

99 p.: il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2012.

Orientador: Luiz Antonio Augusto Gomes.

Bibliografia.

1. Tomate. 2. Licopeno. 3. Características. I. Universidade
Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 635.64268

DANIELA COSTA SANTOS

**PRODUÇÃO E QUALIDADE DE FRUTOS DE HÍBRIDOS DE
TOMATEIRO QUANTO À COLORAÇÃO E CONSERVAÇÃO PÓS-
COLHEITA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 24 de fevereiro de 2012.

Dra. Cibelle Vilela Andrade Fiorini	UFRRJ
Dr. Ernani Clarete da Silva	UFSJ
Dr. Fabrício Silva Coelho	UFLA
Dr. Luciano Donizete Gonçalves	IFMG/BambuÍ

Dr. Luiz Antonio Augusto Gomes
Orientador

LAVRAS - MG
2012

Ao avô Raimundo (*in memoriam*) e à avó Maria, queridos padrinhos,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A DEUS, que conduz a minha vida com amor incondicional.

Aos meus pais (Maria Augusta e Antônio Eustáquio) e irmãos (Gustavo, Rodrigo e Bhrenda Lee), pelo incentivo e apoio.

Ao Alan, pelo companheirismo e paciência.

Ao Prof. Dr. Luiz Antonio Augusto Gomes, pela orientação, dedicação, amizade e pelo reconhecimento do meu trabalho.

Ao Prof. Dr. Wilson Roberto Maluf, pela excelente co-orientação.

Às agências de fomento CNPq, CAPES e FAPEMIG.

À FAEPE e à FUNDECC.

Ao Pesquisador da Embrapa Agroindústria de Alimentos, Antonio Gomes e toda sua equipe (Henriqueta, Adriana, Agnelli, Thayana, Sr. Marcos, Tatiana, Alexandra), pela grande ajuda nas análises de carotenoides.

À Universidade Federal de Lavras, pela qualidade de ensino e pesquisa.

Ao Laboratório de Produtos Vegetais do Departamento de Ciência dos Alimentos, em especial à laboratorista Tina e à amiga Heloísa, pela disposição sempre e ajuda nas análises.

À Hortiagro Sementes Ltda., pela ajuda e apoio em todo o trabalho, em especial a Vicente, Paulo, Na e Nardo.

Aos professores José Eduardo e Evaldo, pela contribuição a este trabalho.

À amiga Dulce, pelos conselhos e amizade.

Aos colegas que me ajudaram nos experimentos: Sindynara, Flávia, Martinha, Isabela, Gabriela, Marcela, Thiago, mano Rodrigo, Samanta, Luiz Felipe, Thiago, Wantuir, Reginho, Eduardo e Marcelo (Vacão), obrigada. Sem vocês não conseguiria realizar este trabalho!

Ao meu amigo Alexandre, pela amizade e ajuda em todas as etapas do nosso trabalho.

Aos colegas e amigos do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, em especial aos amigos Sindy e Thiago Matos, pela troca de conhecimentos, ajuda e sugestões nos trabalhos.

Aos amigos Ana Valéria e Flávio, pelo incentivo e torcida.

À amiga Luana, pela ajuda na formatação desta tese.

RESUMO

Atualmente, os alelos mutantes de amadurecimento e de coloração de frutos do tomateiro têm sido empregados para a melhoria de qualidade pós-colheita dos frutos. Características de qualidade e de produção de frutos foram avaliadas para identificar e comparar os efeitos promovidos pelos alelos *nor^A* (*alcobaça*), *rin* (*ripening inhibitor*), *hp* (*high pigment*), *og^c* (*old gold crimson*) e *t* (*tangerine*), em heterozigose ou homozigose, isoladamente ou em algumas combinações, sobre frutos híbridos de tomateiro. O experimento de campo foi conduzido no delineamento de blocos casualizados, com 16 tratamentos e 3 repetições. Foram avaliados 11 híbridos experimentais F1(TOM-694 x TOM-658), F1(TOM-658 x BPX-381G-10-05-03-01 bulk), F1(TOM-694 x TOM-542), F1(TOM-694 x TOM-543), F1(NC-8276 x BPX-408B-02 bulk), F1(TOM-596 x BPX-408B-02 bulk), F1(TOM-617 x BPX-408B-02 bulk), F1(TOM-589 x BPX-408B-02 bulk), F1(TOM-660 x BPX-408B-02 bulk), F1(NC-1Y x BPX-408B-02 bulk) e F1(NC-2Y x BPX-408B-02 bulk), além de cinco testemunhas, sendo três híbridos comerciais (Bravo Pto, Dominador e Alambra) e duas linhagens (TOM-658 e TOM-615). Avaliaram-se alguns atributos de qualidade dos frutos, como meia vida da firmeza, número de dias para firmeza $2,0 \times 10^4$ N.m⁻², teores de licopeno e beta-caroteno, vitamina C e coloração interna dos frutos e também atributos de produção, como produtividade total, produtividade precoce, massa média de frutos e altura de plantas. De maneira geral, as combinações envolvendo os locos portadores dos alelos mutantes de amadurecimento em heterozigose tenderam a reduzir os teores de licopeno dos frutos em relação aos frutos de genótipo normal e os portadores dos alelos *og^c* e *hp*. A linhagem TOM-658 (*og^{c+}/og^{c+}*) e o híbrido F1(TOM-694 x TOM-658) (*og^{c+}/og^c*) apresentaram os maiores teores de licopeno. O híbrido experimental F1(TOM-658 x BPX-381G-10-05-03-01 bulk) (73,38 mg.100g⁻¹) e a linhagem TOM-615 (72,40 mg.100 g⁻¹) apresentaram os maiores teores de vitamina C, estando acima do valor médio citado para tomate, no Brasil, 34,4 mg.100 g⁻¹. A meia vida da firmeza dos genótipos avaliados variou de 9,15 dias, para a linhagem TOM-615 (*og^{c+}/og^{c+}*) a 15,89 dias, para o híbrido experimental F1(TOM-589 x BPX-408B-02 bulk) (*og^{c+}/og^c hp⁺/hp nor⁺/nor^A*), corroborando a hipótese de que o loco "alcobaça", em heterozigose, contribui para aumentar ligeiramente a firmeza dos frutos em pós-colheita. Para o número de dias para firmeza $2,0 \cdot 10^4$ N.m⁻², observou-se a variação entre 9,12 dias, para o genótipo normal Bravo Pto e 14,94 dias, para o híbrido experimental F1(TOM-694 x TOM-542) (*og^{c+}/og^c; hp⁺/hp*). As constituições genotípicas (*og^{c+}/og^c; hp⁺/hp*) e (*og^{c+}/og^c; hp⁺/hp; nor⁺/nor^A*) contribuíram para o aumento da vida pós-colheita dos frutos. O emprego dos mutantes *og^c* e/ou *hp*, em heterozigose, melhora a coloração e aumenta os teores de beta-caroteno e licopeno dos frutos em

híbridos longa vida. A produtividade média dos genótipos avaliados atingiu 95,11 t.ha⁻¹, com amplitude delimitada pelo híbrido F1(TOM-589 x BPX-408B-02 bulk) (*og^{c+}/og^c, hp⁺/hp, nor⁺/nor^A*) e a linhagem TOM-615 (*og^{c+}/og^{c+}*), os quais apresentaram produtividades de 112,03 t.ha⁻¹ e 65,50 t.ha⁻¹, respectivamente. A combinação *og^{c+}/og^c hp⁺/hp* contribuiu para aumentar a produção total do híbrido *nor⁺/nor^A*. Porém, a massa média por fruto foi menor, sendo maior no híbrido F1(NC-2Y x BPX-408B-02 bulk). A produção precoce foi maior no híbrido F1(TOM-660 x BPX-408B-02 bulk) (*rin⁺/rin*) que não se diferenciou do híbrido comercial Alambra. A massa média de frutos variou de 91,38 g, para o híbrido F1(TOM-694 x TOM-658) (*og^{c+}/og^c*) e 232,89 g, para o híbrido F1(NC-2Y x BPX-408B-02 bulk) (*t⁺/t*). Um possível efeito negativo na massa média de fruto, de *og^c* (em homozigose ou heterozigose), isoladamente ou em combinações com *hp⁺/HP*, foi detectado. A altura média das plantas alcançou 1,79 m, com magnitude delimitada pelos híbridos F1(TOM-694 x TOM-658) e F1(TOM-660 x BPX-408B-02 bulk), os quais apresentaram altura de 2,09 m e 1,51 m, respectivamente.

Palavras-chave: Tomate. Licopeno. Coloração. Conservação pós-colheita.

ABSTRACT

Currently the mutant alleles of maturation and coloration of tomato fruits have been used to improve the postharvest quality of fruit. Quality characteristics and fruit production were evaluated to identify and compare the effects promoted by *nor^A* alleles (*alcobaça*), *rin* (*ripening inhibitor*), *hp* (*high pigment*), *og^c* (*old gold crimson*) and *t* (*tangerine*) in heterozygous or homozygous, alone or in some combinations of hybrid tomato fruits. The field experiment was conducted in a randomized block design with 16 treatments and three repetitions. We evaluated experimental 11 hybrids F1 (TOM-694 x TOM-658), F1 (TOM-658 x BPX-381G-10-05-03-01 bulk), F1 (TOM-694 x TOM-542), F1 (TOM-694 x TOM-543), F1 (NC-8276 x BPX-408B-02 bulk), F1 (TOM-596 x BPX-408B-02 bulk), F1 (TOM-617 x BPX-408B-02 bulk), F1 (TOM-589 x BPX-408B-02 bulk), F1 (TOM-660 x BPX-408B-02 bulk), F1 (NC-1Y x BPX-408B-02 bulk), F1 (NC-2Y x BPX-408B-02 bulk) plus five witnesses and three commercial hybrids (Bravo Pto, Dominador and Alambra) and two lines (TOM-658 and TOM-615). Were evaluated some attributes of fruit quality, such as half life of the firm, number of days for firmness $2.0 \times 10^4 \text{ Nm}^{-2}$, levels of lycopene and beta-carotene, vitamin C and internal color of the fruits of production and also attributes as total production, early production, mean fruit mass and plant height. In general, the combinations involving the loci carrying the mutant alleles in heterozygous ripening tended to reduce levels of lycopene in fruit in relation to the fruits of those with normal genotype and allele *og^c* and *hp*. The line TOM-658 (*og^{c+}/og^{c+}*) and F1 hybrid (TOM-694 x TOM-658) (*og^{c+}/og^c*) had the highest levels of lycopene. The experimental hybrid F1 (TOM-658 x BPX-381G-10-05-03-01 bulk) ($73.38 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) and TOM-615 strain ($72.40 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) showed the highest levels of vitamin C, which is above the average value quoted for tomatoes in Brazil, $34.4 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. The half-life of the firmness of genotypes ranged from 9.15 days for the line TOM-615 (*og^{c+}/og^{c+}*) to 15.89 days for the experimental hybrid F1 (TOM-589 x BPX-408B-02 bulk) (*og^{c+}/og^{c+} hp/hp nor⁺/nor^A*), supporting the hypothesis that the site "*alcobaça*" in heterozygosity contributes to slightly increase the firmness of the fruit after harvest. For the number of days for the firmness $2.0 \cdot 10^4 \text{ Nm}^{-2}$ was observed to range between 9.12 days for the normal genotype Bravo Pto and 14.94 days for the experimental hybrid F1 (TOM-694 x TOM-542) (*og^{c+}/og^c; hp⁺/hp*). The genotypic constitutions (*og^{c+}/og^c; hp⁺/hp*) and (*og^{c+}/og^c; hp⁺/hp; nor⁺/nor^A*) contributed to the increase in postharvest life of fruits. The use of *og^c* mutant and / or *hp*, heterozygous, enhances color and increases the levels of beta-carotene and lycopene in fruits of hybrid long life. The average productivity of genotypes reached $95.11 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ with range bounded by the F1 hybrid (TOM-589 x BPX-408B-02 bulk) (*og^{c+}/og^c, hp⁺/hp, nor⁺/nor^A*) and the line TOM-615 (*og^{c+}/og^{c+}*),

which showed yields of 112.03 t.ha⁻¹ and 65.50 t.ha⁻¹, respectively. The combination *og^{c+}/og^c hp⁺/hp* increased the total production of the hybrid *nor⁺/nor^A*. But the average weight per fruit was lower, being higher in F1 hybrids (NC-2Y x BPX-408B-02 bulk). The early production was higher in the F1 hybrid (TOM-660 x BPX-408B-02 bulk) (*rin⁺/rin*) that did not differentiate the hybrid commercial / witness Alambra. The average mass of fruits ranged from 91.38 g for the F1 hybrid (TOM-694 x TOM-658) (*og^{c+}/og^c*) and 232.89 g for the hybrid F1 (NC-2Y x BPX-408B-02 bulk) (*t⁺/t*). A possible negative effect on the mean weight of fruit, *og^c* (homozygous or heterozygous), alone or in combination with *hp⁺/hp* were detected. The average plant height reached 1.79 m, with a magnitude defined by F1 hybrids (TOM-694 x TOM-658) and F1 (TOM-660 x BPX-408B-02 bulk), which showed a height of 2.09 m and 1.51 m respectively.

Keywords: Tomato. Lycopene. Color. Postharvest.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1	Caracterização dos tratamentos. UFLA, Lavras, MG, 2012	45
Quadro 2	Contrastes de interesse usados para comparações entre genótipos e/ou grupo de genótipos com diferentes teores de licopeno. UFLA, Lavras, MG, 2012	46
Quadro 3	Caracterização dos tratamentos. UFLA, Lavras, MG, 2012	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Valores médios da meia vida da firmeza (dias) em tomate. UFLA, Lavras, MG, 2012.....	54
Tabela 2	Estimativas de contrastes de interesse para meia vida da firmeza (dias) em tomate. UFLA, Lavras, MG, 2012.....	55
Tabela 4	Estimativas de contrastes de interesse para número de dias para atingir a firmeza $2,0.10^4$ N.m ⁻² em tomate. UFLA, Lavras, MG, 2012.....	59
Tabela 5	Valores médios do teor de licopeno ($\mu\text{g}.100\text{g}^{-1}$) em 16 genótipos de tomateiro. UFLA, Lavras, MG, 2012.....	61
Tabela 6	Estimativas de contrastes de interesse para teor de licopeno ($\mu\text{g}/100\text{g}$) em tomate. UFLA, Lavras, MG, 2012.....	63
Tabela 7	Valores médios do teor de beta-caroteno ($\mu\text{g}/100\text{g}$) em tomate. UFLA, Lavras, MG, 2012.....	66
Tabela 8	Estimativas de contrastes de interesse para teor de beta-caroteno ($\mu\text{g}/100\text{g}$) em tomate. UFLA, Lavras, MG, 2012.....	68
Tabela 9	Valores médios do teor de vitamina C ($\text{mg}.100\text{g}^{-1}$) em tomate. UFLA, Lavras, MG, 2012.....	70
Tabela 10	Estimativas de contrastes de interesse para vitamina C ($\text{mg}/100\text{g}$) em tomate. UFLA, Lavras, MG, 2011.....	73
Tabela 11	Valores médios de coloração em tomate. UFLA, Lavras, MG, 2011.....	77
Tabela 12	Valores médios da produtividade total de frutos (t. ha ⁻¹), da produtividade precoce de frutos (t. ha ⁻¹), da massa média por fruto (g) e da altura de plantas (m). UFLA, Lavras, MG, 2012.....	91

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1	15
1	INTRODUÇÃO GERAL	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	Tomate e o papel dos carotenoides como agentes oxidantes	17
2.2	Amadurecimento e conservação pós-colheita de frutos	20
2.3	Qualidade dos frutos	22
2.3.1	Firmeza	23
2.3.2	Coloração	24
2.4	Mutantes de amadurecimento de ocorrência natural no tomateiro	25
2.5	Mutantes de coloração de ocorrência natural no tomateiro	27
2.6	Vitamina C	29
	REFERÊNCIAS	31
	CAPÍTULO 2 Teor de carotenoides, vitamina c e conservação pós-colheita de híbridos de tomateiro portadores de alelos mutantes de coloração e/ou amadurecimento	38
1	INTRODUÇÃO	41
2	MATERIAL E MÉTODOS	43
2.1	Local de condução dos experimentos	43
2.2	Obtenção e caracterização do material experimental	43
2.3	Condução do experimento	47
2.4	Avaliações – características de qualidade do fruto	47
2.4.1	Firmeza de fruto	47
2.4.2	Pigmentos carotenoides (licopeno e beta-caroteno)	49
2.4.3	Vitamina C	51
2.4.4	Coloração do fruto	51
2.5	Análises estatísticas	52
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
4	CONCLUSÃO	78
	REFERÊNCIAS	79
	CAPÍTULO 3 Características de produção de híbridos de tomateiro portadores de alelos mutantes de coloração e/ou amadurecimento	81
1	INTRODUÇÃO	83
2	MATERIAL E MÉTODOS	85
2.1	Local de condução do experimento	85
2.2	Obtenção e caracterização do material experimental	85
2.3	Condução do experimento	87
2.4	Avaliações – características de produção	88

2.4.1	Produtividade total	88
2.4.2	Produtividade precoce	88
2.4.3	Massa média por fruto	89
2.4.4	Altura de plantas	89
2.5	Análises estatísticas	89
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	90
4	CONCLUSÃO	95
	REFERÊNCIAS	96
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	97
	APÊNDICES	98

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

O tomateiro está entre as hortaliças mais estudadas, cientificamente, devido à sua importância econômica e social. O plantio de cultivares do tipo “longa vida” teve um aumento considerável no Brasil, a partir da década de 1990, evidenciando o reconhecimento, pelo mercado, da necessidade de reduzir as elevadas perdas pós-colheita na cultura.

Dentre as estratégias para aumentar a firmeza e a conservação pós-colheita dos frutos do tomateiro destaca-se a utilização de mutantes de amadurecimento pelos melhoristas. Os alelos mutantes que atuam na conservação pós-colheita dos frutos são *ripening inhibitor (rin)*, *non ripening (nor)* e *alcobaça (nor^A)* e permitem colher frutos em estágio mais avançado de amadurecimento do que os praticados pelos produtores. No entanto, estes alelos em homozigose podem inibir a maturação normal dos frutos, prejudicando sensivelmente a sua coloração. Já em heterozigose, os efeitos que prejudicam a coloração são mais amenos ou até deixam de existir.

O fruto do tomateiro e seus derivados também têm papel relevante na dieta humana, por ser uma importante fonte de licopeno e beta-caroteno. O licopeno está relacionado à redução da incidência de certos tipos de câncer e o seu nível no tecido adiposo foi relacionado à redução do risco de ataque cardíaco, enquanto o beta-caroteno é o principal carotenoide precursor da vitamina A.

Nesse contexto, a obtenção de híbridos de tomateiro cujos frutos possuam maior conservação pós-colheita, associada a teores mais elevados de licopeno e beta-caroteno, é de grande importância. Isto exige um empenho contínuo do melhoramento genético no sentido de fornecer cultivares que

venham a atender às necessidades, tanto do ponto de vista agrônomo quanto alimentar, quer seja para consumo *in natura* ou para o processamento.

Os alelos que aumentam o teor de carotenoides nos frutos, *high pigment* (*hp*) e *old gold crimson* (*og^c*), podem ser usados em um mesmo genótipo, juntamente com os alelos mutantes de amadurecimento, podendo contribuir para a melhoria da coloração destes. Neste contexto, existe ainda o alelo *tangerine*, ou *t*, que é responsável por uma coloração mais amarela dos frutos amadurecidos.

Dessa forma, alelos mutantes que interferem no amadurecimento do tomate e na sua coloração têm despertado, há algum tempo, o interesse de vários pesquisadores e melhoristas, e têm sido úteis para o melhor entendimento dos processos que regulam o amadurecimento e para o desenvolvimento de novas cultivares de tomates com maior vida de prateleira (ANDRADE JÚNIOR, 2003; ARAÚJO et al., 2002; BENITES, 2003; CÁ, 2005) e melhor valor funcional.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de estudar os efeitos dos alelos mutantes *hp*, *og^c*, *t*, *rin* e *nor^A*, em heterozigose e homozigose, sobre os atributos de qualidade, produtividade e conservação pós-colheita dos frutos de tomate.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O tomate desempenha papel importante na dieta humana, por apresentar, em grande quantidade, um carotenoide antioxidante, o licopeno, que está relacionado à redução da incidência de certos tipos de câncer e o seu nível no tecido adiposo foi relacionado à redução do risco de ataque cardíaco. Porém, o tomate é um produto bastante perecível e o esforço para aumentar a vida útil dos frutos pós-colheita vai desde um adequado manuseio dos mesmos até aspectos genéticos como a introdução de alelos favoráveis em materiais genéticos comerciais.

2.1 Tomate e o papel dos carotenoides como agentes oxidantes

A mudança dos hábitos alimentares da população é cada vez mais significativa, o que gera importante demanda adaptativa das agroindústrias. Além disso, o consumidor brasileiro passou a ser mais exigente, adquirindo um perfil de aquisição por produtos alimentícios com grande conveniência prática e de alta qualidade higiênica, nutricional, sensorial e também com a preservação dos componentes antioxidantes.

Os carotenoides presentes nos frutos do tomateiro são pigmentos naturais comuns a plantas e animais. Apresentam coloração amarela, alaranjada ou vermelha e são insolúveis em água. Quando presentes em frutos e folhas, acompanham a clorofila na proporção de quatro partes de clorofila para uma de carotenoide (WENZEL, 2001); durante o amadurecimento dos frutos ou o envelhecimento de vegetais, a mudança de cor é causada pelo desaparecimento das clorofilas que, quando presentes, mascaram as cores de outros pigmentos (BELITZ; GROSH, 1997).

O tomate (*Solanum lycopersicum*), amplamente consumido tanto *in natura* quanto processado, é uma das principais fontes de antioxidantes na dieta humana. As cores dos frutos do tomateiro podem variar do amarelo para o vermelho-alaranjado, dependendo da razão licopeno/ β -caroteno. O teor e o balanço desses carotenoides também estão associados à ação da enzima licopeno- β -ciclase (BOTELLA-PAÍVA; RODRÍGUEZ-CONCEPCIÓN, 2006).

O licopeno é um carotenoide sem a atividade da pró-vitamina A, lipossolúvel, composto por onze ligações conjugadas, sendo encontrado em um número limitado de alimentos de cor vermelha, como tomates e seus subprodutos, goiaba, melancia, mamão e pitanga. O tomate *in natura* apresenta, em média, 30 mg.kg⁻¹; o suco de tomate, aproximadamente 150 mg.L⁻¹ e o ketchup, em média, 100 mg.kg⁻¹ de licopeno (STAHL; SIES, 1999).

Atualmente, o licopeno aparece como um dos mais potentes antioxidantes, sendo sugerido na prevenção da carcinogênese e aterogênese, por proteger moléculas, como lipídios, lipoproteínas de baixa densidade (LDL), proteínas e DNA (AGARWAL; RAO, 2000).

Entre os carotenoides, o beta-caroteno é o mais abundante em alimentos e o que apresenta a maior atividade de vitamina A. Possui ação protetora contra o câncer e os possíveis mecanismos de proteção são por intermédio de sequestro de radicais livres, modulação do metabolismo do carcinoma, inibição da proliferação celular, aumento da diferenciação celular via retinoides, estimulação da comunicação entre as células e aumento da resposta imune. Desse modo, o beta-caroteno é o metabólito vegetal mais importante como fonte de vitamina A, equivalendo a duas moléculas de retinol (THURNHAM, 2007). A carência dessa vitamina pode levar à cegueira noturna, xeroftalmia, xerodermia e hiperqueratose folicular (SOMMER, 1995).

O conteúdo de pigmentos carotenoides no tomate varia conforme a cultivar e as técnicas de cultivo (MINAMI; HAAG, 1980), podendo sofrer

alterações notáveis nesses pigmentos, caso sejam manipulados de forma inadequada. A redução da cor e a consequente limitação das suas características funcionais podem ser prejudicadas pela temperatura inadequada e injúrias mecânicas. O efeito climático ou geográfico sobre a quantidade de licopeno presente em frutas foi verificado comparando-se o cultivo em diferentes regiões (SHAMI; MOREIRA, 2004).

Em um mesmo alimento, a estabilidade dos carotenoides pode ser influenciada pelo pH, pela temperatura e pela oxidação, sendo que temperaturas acima de 30 °C inibem a síntese de licopeno sem afetar a do β -caroteno. Essa inibição pode ser revertida com o retorno do fruto à baixa temperatura (AWAD, 1993). A temperatura ótima para a formação do licopeno está em torno de 24 °C; acima de 30 °C o licopeno não se forma e o fruto fica amarelado. Acima de 40 °C o fruto permanece verde indefinidamente (MINAMI; HAAG, 1980).

Diferenças na coloração foram encontradas como resultado de fatores como variedade/cultivar, estágio de maturação, clima/localização geográfica da produção, estação do ano, parte da planta amostrada, condições de plantio, manuseio pós-colheita, processamento e condições de estocagem. A exposição à radiação solar e a temperaturas elevadas resulta em aumento da biossíntese de carotenoides. Assim, os carotenoides são responsáveis pela coloração das frutas tipicamente tropicais, ao passo que as frutas de climas mais frios são majoritariamente coloridas pelas antocianinas. Além disso, frutas da mesma cultivar, quando produzidas em regiões quentes, apresentam teores de carotenoides expressivamente mais elevados do que aquelas produzidas em regiões de clima temperado (RODRIGUEZ-AMAYA, 1993).

O grau de maturação é outro fator que afeta decididamente a composição dos carotenoides. O amadurecimento dos frutos é um processo fisiológico acompanhado por uma carotenogênese intensificada, e os

carotenoides aumentam em número e em quantidade (RODRIGUEZ-AMAYA; KIMURA; AMAYA-FARFAN, 2008).

2.2 Amadurecimento e conservação pós-colheita de frutos

As hortaliças são produtos perecíveis que apresentam um ativo metabolismo durante o período pós-colheita. O amadurecimento é o período final da maturação no qual o fruto se desenvolve plenamente e atinge sua máxima qualidade estética comestível (sabor, aroma, cor e textura). Mudanças bioquímicas significativas ocorrem durante este período (VILAS-BOAS, 2000), envolvendo uma complexa e coordenada série de alterações na pigmentação e nos atributos sensoriais, resultantes das atividades fisiológica e bioquímica dos frutos (LURIE et al., 1996).

O processo de amadurecimento dos frutos está relacionado à degradação das moléculas de clorofila, à produção de açúcares e pigmentos, ao metabolismo de ácidos orgânicos e amidos e ao amolecimento do fruto devido à solubilização do material da parede celular (MUTSCHLER, 1981). Em tomates, há intensa degradação de clorofila durante o amadurecimento, com síntese gradual de licopeno (CHITARRA; CHITARRA, 1990), conferindo ao fruto a coloração vermelha.

O amadurecimento de frutos do tomateiro ocorre por aumento da produção de etileno; degradação do epicarpo e endocarpo, pela ação das enzimas poligalacturonase e ectinometilesterase, respectivamente, bem como o amaciamento do fruto, pela perda de água. O estágio verde maduro (início de mudança de cor) é considerado o primeiro sintoma visual para o índice de maturação (ZAMBON, 1984).

Em alguns países, costuma-se colher os frutos com coloração verde para completar o amadurecimento com a aplicação exógena de etileno, o que é viável

apenas quando os frutos atingem a maturidade fisiológica, estágio denominado de verde-maduro (ARAÚJO, 1997), e que não pode ser determinada por suas características externas com facilidade. Desse modo, grande parte dos frutos colhidos verde é imatura, o que compromete seu amadurecimento normal e, por consequência, a qualidade final do produto. Assim, os frutos que chegam ao consumidor têm qualidade inferior à desejada (SARGENT, 1995 citado por MOURA; SARGENT; OLIVEIRA, 1999).

Kader et al. (1977) revelaram que o sabor e o aroma de tomate variaram com seu estágio de amadurecimento na época da colheita e observaram que os tomates colhidos no estágio *breaker* e *mature-green* apresentaram sabor ruim quando comparados aos totalmente maduros na colheita.

Várias consequências do processo de amadurecimento contribuem para reduzir a vida pós-colheita dos frutos, principalmente devido à redução na firmeza. Em frutos climatérios, como o tomate, o etileno desempenha papel fundamental na coordenação desse processo (GIOVANNONI, 2002).

A temperatura é o principal fator de perda de qualidade em tomates, pois, além de acelerar o mecanismo de amadurecimento e deterioração, compromete suas propriedades nutricionais e funcionais. Por isso um dos processos utilizados é o armazenamento sob refrigeração. O tomate, no entanto, é altamente suscetível a injúrias causadas por baixas temperaturas, suportando apenas temperaturas iguais ou superiores a 12 °C, durante o armazenamento (JACKMAN et al., 1988).

O grau de maturação do tomate no momento da colheita é outro aspecto que deve ser considerado para o armazenamento, pois o tempo de prateleira e o processo de amadurecimento dependem do ponto de colheita. Testes sensoriais comprovam que tomates colhidos nos estádios verde-maduro (*mature-green*) e *breaker* apresentam pior sabor quando comparados aos frutos destacados da planta em estádios mais avançados de amadurecimento (KADER et al., 1978).

No entanto, tomates vermelhos (totalmente maduros) são perecíveis e muito suscetíveis a danos durante a comercialização e, portanto, não resistem ao rigor do sistema de manuseio pós-colheita, fato este que comprova a importância do desenvolvimento de cultivares longa vida que possibilitem a colheita nos estádios mais avançados de desenvolvimento.

Devido a todos estes fatores, os pesquisadores têm obtido melhores resultados por meio do melhoramento genético tradicional (DELLA VECCHIA; KOCH, 2000), utilizando híbridos portadores de genes que retardam o amadurecimento e prolongam a conservação pós-colheita (ANDRADE JÚNIOR, 2003; ARAÚJO, 1997; CÁ, 2005; FARIA, 2004). Esses genes, denominados mutantes de amadurecimento, permitem colher os frutos em estágio mais avançado de amadurecimento do que o comumente praticado pelos tomaticultores, obtendo híbridos com um maior período de comercialização.

2.3 Qualidade dos frutos

Um dos atributos mais importantes da qualidade dos frutos de tomate é a firmeza, que está relacionada com a capacidade de armazenamento, chamado tempo de prateleira. O aumento da vida útil do tomate pode ser alcançado com o uso de genótipos portadores de genes que retardam o amadurecimento e prolongam a sua conservação, permitindo colher frutos em estágio mais avançado de amadurecimento, sendo uma boa alternativa para os tomaticultores.

Alguns mutantes, ao contrário dos alelos mutantes de amadurecimento, podem afetar favoravelmente a coloração dos frutos.

2.3.1 Firmeza

Um dos mais importantes atributos da qualidade de frutos para consumo *in natura* e também para o processamento é a firmeza, que está relacionada com a duração e a capacidade de armazenamento, a chamada vida de prateleira (AHRENS; HUBER, 1990). Esta pode ser função tanto do *background* genético como de alelos mutantes que atuam sobre o processo de amadurecimento (ANDRADE JÚNIOR, 2003; CÁ, 2005). A firmeza do tecido de cultivares normais de tomate diminui rapidamente após o estágio *breaker* (HALL, 1987).

Os principais agentes responsáveis pela redução da firmeza do tomate são as enzimas hidrolíticas que se acumulam nos frutos no decorrer do processo de amadurecimento. Elas atuam na despolimerização e na solubilização das pectinas, o que resulta em modificações estruturais na parede celular com interferência na integridade dos tecidos, com conseqüente amolecimento do fruto (CROOKES; GRIERSON, 1993).

Segundo Chitarra e Chitarra (1990), a firmeza tem forte correlação com o conteúdo e o tipo de pectina presente nas frutas e hortaliças. As substâncias pécticas são os principais componentes químicos dos tecidos, responsáveis pelas mudanças de textura de frutas e hortaliças. À medida que os frutos amadurecem, ocorre degradação das substâncias pécticas, o que pode ser facilmente observado pelo amolecimento da polpa dos referidos alimentos.

A poligalacturonase (PG) é o agente principal da mudança da textura do tomate, durante o amadurecimento. Altos níveis de atividade dessa enzima estão positivamente correlacionados com a solubilização da pectina, provocando o amolecimento da parede celular dos tecidos dos frutos. As paredes celulares tornam mais suscetíveis à ação da PG devido à enzima pectinametilesterase (PME), que desempenha um papel fundamental, catalizando processos metabólicos que ocorrem durante o amadurecimento. Existe correlação inversa

dos níveis de atividade da PME com a firmeza do fruto de tomate e altera com os fenótipos e com o estágio de maturação dos frutos (AHRENS; HUBER, 1990).

Calbo e Nery (1995) desenvolveram a técnica de aplanção para medir a firmeza dos frutos. A técnica consiste na utilização de um aplanador, desenvolvido para medições rápidas e apuradas de pressão obtida pela razão entre a força aplicada na superfície do órgão e a área aplanada. De acordo com Pereira e Calbo (1996), a compressão sobre um órgão pode causar achatamento das células, comprimi-las e reduzir o volume gasoso intercelular. Em diferentes estádios de amadurecimento, o estudo desses efeitos revelou que o aumento da força aplicada aumentou a área amassada tanto mais quanto mais adiantado o estágio de amadurecimento. Com a compressão, o volume gasoso intercelular foi reduzido, sendo parcialmente recuperado após a descompressão; contudo, quanto mais avançada a maturação, menor é a recuperação.

2.3.2 Coloração

A coloração é o atributo que mais influencia a aquisição do produto pelo consumidor final, sendo a coloração vermelha e uniforme a preferida no momento da escolha. Durante o amadurecimento, indicativos de que, pelo menos em parte, a regulação da biossíntese de carotenoides está relacionada à expressão de genes envolvidos no amadurecimento, induzida pelo etileno (GRAY et al., 1994). A coloração vermelha é o resultado da combinação de pigmentos carotenoides, entre os quais o licopeno é o mais abundante, ocorrendo também carotenos (α , β , γ e δ) e xantófilas (LÓPEZ et al., 2001).

A coloração dos frutos de tomate é influenciada pelos alelos mutantes de amadurecimento *nor^A*, *rin* e *nor* e, quando estes são empregados em homozigose, alteram a síntese de licopeno e betacaroteno dos frutos. Os alelos *nor^A* e *nor* afetam a síntese de carotenoides. Estes, quando em homozigose,

fazem com que os frutos tenham coloração alaranjada. Já o alelo *rin*, quando em homozigose, faz com que os frutos tenham coloração amarela. A utilização destes alelos de amadurecimento em homozigose aumenta a firmeza dos frutos, porém, sua coloração final não é aceita pelo consumidor (BENITES, 2003; CÁ, 2005).

2.4 Mutantes de amadurecimento de ocorrência natural no tomateiro

Tigchelaar, Mcglasson e Buescher (1978) descreveram diferentes mutantes de amadurecimento em tomate: o gene *never ripe* (*Nr*), de ação gênica dominante, reduz a intensidade de pigmentação e a taxa de amolecimento dos frutos e os genes *rin* e *nor*, mutantes recessivos que modificam a síntese de carotenoides, a vida pós-colheita e a firmeza dos frutos.

O melhoramento do tomateiro com vistas à conservação natural dos frutos após a colheita começou no Brasil com o emprego de uma mutação naturalmente encontrada na cultivar Alcobaça, introduzida de Portugal em 1967 (LEAL; MIZUBUTI, 1975). Mutschler (1984), em avaliações quanto ao tempo de armazenamento dos frutos, realizou teste de alelismo entre os mutantes *alcobaça* e *non ripening* e concluiu que eles não eram alélicos; contudo, estavam ligados a uma distância de 17 cM. Inversamente, Lobo (1981) e Lobo, Basset e Hannah (1984) publicaram que os mutantes em questão ocupavam o mesmo loco no cromossomo 10 do tomateiro, sendo o alelo *alcobaça* dominante sobre *nor* e deveria ser denominado *nor^A*. Benites (2003) estudou essa contradição e concluiu que os alelos *non ripening* (*nor*) e *alcobaça* estão no mesmo loco e, por isso, adotou o símbolo *nor^A* para o alelo *alcobaça*.

O alelo *alcobaça* (*nor^A*) em homozigose tem um efeito drástico ao inibir a maturação normal dos frutos porque diminui a atividade total da enzima poligalacturonase (PG), a concentração de etileno e de CO₂, bem como os teores

de pigmentos totais e a razão licopeno/betacaroteno (MUTSCHLER et al., 1992). Já em heterozigose, aumenta a firmeza e retarda o desenvolvimento da coloração vermelha dos frutos sem causar efeitos deletérios sobre a produção comercial, o tamanho de cicatriz peduncular, o formato e a perda de peso dos frutos (FARIA, 2000; FREITAS, 1996). Além disso, não prejudica a coloração interna ou externa dos frutos nem o teor de licopeno, reduzindo, porém, o teor de beta-caroteno (ARAÚJO, 1997).

O mutante recessivo *ripening inhibitor (rin)* é resultante de uma mutação em um loco mapeado no cromossomo 5 e está ligado em associação ao alelo denominado macrocálice (*mc*), responsável pelo fenótipo cálice gigante que altera o tamanho das pétalas. Quando em homozigose, interrompe a resposta ao amadurecimento normal dos frutos, mesmo submetidos ao etileno exógeno (MOORE et al., 2002), permanecendo firmes e verdes por várias semanas (BENITES, 2003). No entanto, frutos mutantes *rin* são deficientes no acúmulo de licopeno (SANTOS JÚNIOR et al., 2003) e na síntese de etileno climatérico (CHUNGUI et al., 1996).

O alelo mutante recessivo *non ripening (nor)* também altera a síntese de carotenoides e o amolecimento dos frutos. Em homozigose, o alelo *nor* promove a ausência ou a pequena atividade das enzimas poligalacturonase e pectinametilesterase (BUESCHER; TIGCHELAAR, 1975; NG; TIGCHELAAR, 1977), retardando o amolecimento do fruto durante a maturação. Em heterozigose, esse mutante provoca o amolecimento intermediário dos frutos, quando comparado com o amolecimento dos frutos normais (BUESCHER; TIGCHELAAR, 1975; KOPELIOVITCH et al., 1979).

2.5 Mutantes de coloração de ocorrência natural no tomateiro

Ao contrário dos mutantes de amadurecimento, alguns mutantes atuam favoravelmente sobre a coloração dos frutos, destacando-se o *hp* e o *old gold-crimson* (*og^c*). No caso de esses alelos serem empregados juntos em um mesmo material, seu fenótipo pode sofrer a influência de efeitos epistáticos (ARAÚJO, 1997).

O mutante *hp* foi originalmente descrito como um mutante de herança monogênica, localizado no cromossomo 2 do genoma do tomateiro, capaz de incrementar a qualidade dos frutos, caracterizando-se pela produção de altos níveis de carotenoides em frutos maduros de tomate, predominando o licopeno e o beta-caroteno (THOMPSON; HEPLER; KER, 1962). No entanto, em homozigose, o mutante *hp* promove redução no crescimento da planta (ARAÚJO et al., 2002; JARRET; SAYAMA; TIGCHELAAR, 1984). Os efeitos de *hp* nessa redução no crescimento devem-se à pleiotropia, o que significa que esses efeitos estarão sempre associados aos materiais genéticos contendo o alelo *hp* em homozigose (JARRET; SAYAMA; TIGCHELAAR, 1984). Frutos mutantes homozigotos *high-pigment* apresentam pigmentação mais intensa, comparativamente aos frutos de genótipo normal, em todos os estádios de desenvolvimento.

O gene *og^c* é um mutante recessivo que confere coloração vermelha intensa à polpa de frutos (THOMPSON et al., 1967). Apresenta ação pleiotrópica, conferindo fenótipo alaranjado às pétalas. Foram relatados conteúdos de licopeno cerca de 75% mais elevados que o normal em frutos mutantes homozigotos *og^c* (*og^c/og^c*), porém, com redução do beta-caroteno, principalmente na região locular dos frutos (THOMPSON et al., 1965). A utilização de cultivares fixadas para os alelos *og^c* e *hp*, além de intensificar a coloração vermelha dos frutos devido ao aumento do teor de licopeno,

prolongou a vida de prateleira dos mesmos; no entanto, o efeito mais pronunciado desses alelos não é sobre a maior conservação pós-colheita dos frutos (LAMPE; WATADA, 1971).

Sayama (1979), estudando os efeitos dos alelos *hp* e *og^c* em homozigose, observou que o alelo *og^c* aumentou a intensidade de coloração sem interferir em outras características, e que o alelo *hp* aumentou a coloração, o pH, a viscosidade, a firmeza e o conteúdo de vitamina C, porém, reduziu o teor de sólidos solúveis e acidez titulável. Araújo et al. (2002) descreveram que os mutantes *og^c* e *hp*, em *background* FloraDade, isolados ou combinados entre si, tanto em homozigose quanto em heterozigose, proporcionaram incrementos significativos sobre a coloração interna e externa, bem como sobre os teores de beta-caroteno e licopeno de frutos *nor⁺/nor^A*. Faria (2000) observou que os alelos *og^c* e *hp* em heterozigose, juntos em um mesmo genótipo, atuaram no sentido de incrementar a coloração dos frutos do genótipo *nor⁺/nor^A*. Apesar de efeitos favoráveis nos frutos, promovidos pelo mutante *hp* em homozigose, Araújo et al. (2002) alertaram para o fato de que as combinações genotípicas envolvendo *hp⁺/hp⁺* apresentaram também uma série de efeitos deletérios nas plantas, tais como redução do porte, atraso no desenvolvimento, redução da produtividade e presença marcante de ombro verde nos frutos. Portanto, os autores não recomendam o emprego de combinações genotípicas portadoras do loco *hp* em homozigose, em híbridos comerciais.

Andrade Júnior (2003) também avaliou os efeitos simultâneos dos alelos *nor^A*, *hp* e *og^c*, em heterozigose, em *background* híbrido (FloraDade x Mospomorist) e verificou que a combinação *og^{c+}/og^c hp⁺/hp* não exerceu influência sobre a firmeza dos frutos *nor⁺/nor^A*. Além disso, não foram detectados efeitos sobre características relacionadas à produtividade. Porém, Faria et al. (2003) verificaram incrementos na coloração externa e no teor de

licopeno em frutos maduros nor^+/nor^A , proporcionados pela combinação $og^{c^+}/og^c hp^+/hp$.

Outro gene que interfere na coloração dos frutos de tomate é o *Tangerine*. Frutos com esse alelo mutante acumulam zeta-caroteno e prolicopeno, em vez de licopeno (ISAACSON et al., 2002) e, portanto, apresentam coloração amarela em frutos maduros.

Jenkins e Mackinney (1955), estudando a herança dos carotenoides de linhagens amarela e *tangerine*, demonstraram que os mutantes diferem da linhagem vermelha por um único gene recessivo. Rêgo et al. (1999) observaram o mesmo entre a cv. Santa Clara, de fruto vermelho e o mutante amarelo. A variação genética na cor dos frutos de tomate cultivado depende, basicamente, de dois genes não-alélicos: R_T_, vermelho; rrT_, amarelo; R_tt, *tangerine*. No caso de homozigose recessiva, para o gene R, o nível de licopeno é reduzido em 95% em relação ao genótipo normal (RICK; BUTLER, 1956).

2.6 Vitamina C

O ácido ascórbico, também conhecido como vitamina C e vitamina antiescorbútica, tem como principais fontes as frutas e as hortaliças. O teor de ácido ascórbico geralmente decresce durante o armazenamento. Este decréscimo depende, em grande parte, da duração e da temperatura de armazenamento (CHEFTEL; CHEFTEL, 1992).

A vitamina C é facilmente oxidada e a intensidade deste processo depende de fatores como luz, temperatura e presença de enzimas oxidantes, o que faz com que seu teor seja fortemente influenciado pelas condições do ambiente de cultivo. A luminosidade durante o período de crescimento da planta e dos frutos influencia a biossíntese do ácido ascórbico, que é sintetizado a partir dos açúcares produzidos na fotossíntese (LEE; KADER, 2000). A produção de

açúcares é função da taxa fotossintética da planta que, por sua vez, é função da intensidade luminosa. Assim, o menor teor de ácido ascórbico dos frutos produzidos no ambiente protegido, provavelmente, é resultado da menor luminosidade nesses ambiente. Nos tomates, o conteúdo de ácido ascórbico varia, de acordo com a cultivar e as condições de cultivo, entre 14 e 44 mg.100 g⁻¹ (GAHLER; OTTO; BÖHM, 2003).

Uma adubação rica em nitrogênio (N) solúvel pode causar decréscimo no teor de vitamina C por razões indiretas, uma vez que o suprimento de N aumenta a densidade das folhas que, por sua vez, diminui a incidência luminosa sobre os frutos (DUMAS et al., 2003).

REFERÊNCIAS

AGARWAL, S.; RAO, A. V. Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases. **Canadian Medical Association Journal**, Ottawa, v. 163, n. 6, p. 739-744, June 2000.

AHRENS, M. J.; HUBER, D. J. Physiology and firmness determination of ripening tomato fruit. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 78, n. 1, p. 8-14, Jan. 1990.

ANDRADE JÚNIOR, V. C. de. **Produção e qualidade de frutos de híbridos de tomateiro quase isogênicos de tomateiros heterozigotos quanto a alelos mutantes de amadurecimento e de coloração**. 2003. 105 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

ARAÚJO, M. L. de. **Interações intra-loco e inter-locos *alcobaça*, *crimson* e *high pigment* sobre características de qualidade e de produção de frutos do tomateiro**. 1997. 131 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

ARAÚJO, M. L. de et al. Intra and interlocus interactions between *alcobaça* (*alc*), *crimson* (*og^c*) and *high pigment* (*hp*) loci in tomato *Lycopersicon esculentum* Mill. **Euphytica**, Wageningen, v. 125, n. 2, p. 215-225, Feb. 2002.

AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993. 114 p.

BELITZ, H. D.; GROSH, W. **Química de los alimentos**. 2. ed. Zaragoza: Acribia, 1997. 1087 p.

BENITES, F. R. G. **Estudos genético-fisiológicos dos mutantes *alcobaça* (*alc*), *non-ripening* (*nor*) e *ripening inhibitor* (*rin*) em tomateiro**. 2003. 106 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

BOTELLA-PAÍVA, P.; RODRÍGUEZ-CONCEPCIÓN, M. Carotenoid biotechnology in plants for nutritionally improved foods. **Physiology Plantarum**, Copenhagen, v. 126, n. 3, p. 369-431, Mar. 2006.

BUESCHER, R. W.; TIGCHELAAR, E. C. Pectinesterase, polygalacturonase, α -cellulase activities and softening of the *rin* tomato mutant. **HortScience**, Alexandria, v. 10, p. 624-625, 1975.

CÁ, J. A. **Obtenção de híbridos de tomate tipo longa vida com maior intensidade de coloração**. 2005. 77 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

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, maio 1995.

CHEFTEL, J. C.; CHEFTEL, H. **Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos**. 2. ed. Zaragoza: Acribia, 1992. v. 1, 333 p.

CHITARRA, M. I.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 320 p.

CHUNGUI, L. et al. Physiological and biochemical characters of the alc, nor and rin ripening mutants in tomato and application in breeding for storage property. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, v. 402, n. 1, p. 141-150, Apr. 1996.

CROOKES, P. R.; GRIERSON, D. Ultrastructure of tomato fruit ripening and the role of polygalacturonase isoenzymes in cell wall degradation. **Plant Physiology**, Rockville, v. 72, n. 4, p. 1088-1093, Aug. 1993.

DELLA VECCHIA, P. T.; KOCH, P. T. Tomates longa vida: o que são, como foram desenvolvidos? **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 8, n. 1, p. 3-4, mar. 2000.

DUMAS, Y. et al. Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 83, n. 5, p. 369-382, Apr. 2003.

FARIA, M. V. **Emprego simultâneo dos mutantes de amadurecimento (*rin* e *nor^A*) e de coloração (*og^c* e *hp*) em heterozigose em genótipos de tomateiro longa-vida**. 2004. 96 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

_____. **Produtividade e qualidade pós-colheita de frutos de híbridos de tomateiro heterozigotos nos locos alcobaça (alc), crimson (ogc) e/ou high pigment (hp)**. 2000. 74 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

FARIA, M. V. et al. Yield and post-harvest quality of tomato hybrids heterozygous at the loci *alcobaça*, *old gold-crimson* or *high pigment*. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 2, n. 3, p. 317-327, Sept. 2003.

FREITAS, J. A. **Produtividade e qualidade de frutos de híbridos de tomateiros, heterozigoto na loco alcobaça**. 1996. 86 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

GAHLER, S.; OTTO, K.; BÖHM, V. Alterations of vitamin C, total phenolics, and antioxidant capacity as affected by processing tomatoes to different products. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 51, n. 27, p. 7962-7968, Nov. 2003.

GIOVANNONI, J. J. Genetic control of fruit quality, and prospects for nutrient modification. **HortScience**, Alexandria, v. 37, n. 3, p. 9-12, June 2002.

GRAY, J. E. et al. The use of transgenic and naturally occurring mutants to understand and manipulate tomato fruit ripening. **Plant Cell and Environment**, Oxford, v. 17, n. 5, p. 557-571, May 1994.

HALL, C. B. Firmness of tomato tissue according to cultivar and ripeness. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 112, n. 1, p. 663-665, Nov. 1987.

ISAACSON, T. et al. Cloning of tangerine from tomato reveals a carotenoid isomerase essential for the production of β -carotene and xanthophylls in plants. **Plant Cell**, Rockville, v. 14, p. 333-342, Feb. 2002.

JACKMAN, R. L. et al. Chilling injury: a review of quality aspects. **Journal of Food Quality**, Westport, v. 11, n. 4, p. 253-278, Nov. 1988.

JARRET, R. L.; SAYAMA, H.; TIGCHELAAR, E. C. Pleiotropic effects associated with the chlorophyll intensifier mutations high pigment and dark green in tomato. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 109, n. 6, p. 873-878, Nov. 1984.

JENKINS, J. A.; MACKINNEY, G. Carotenoids of the apricot tomato and its hybrids with yellow and tangerine. **Genetics**, Austin, v. 40, p. 715-720, Mar. 1955.

KADER, A. A. et al. Composition and flavor quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest handling procedures. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 103, n. 1, p. 6-13, Jan. 1978.

_____. Effect of fruit ripeness when picked on flavor and composition in fresh market tomatoes. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 102, n. 6, p. 724-731, Nov. 1977.

KOPELIOVITCH, E. et al. The potential of ripening mutants for extending the storage life of the tomato fruit. **Euphytica**, Wageningen, v. 28, p. 99-104, 1979.

LAMPE, C.; WATADA, A. E. Pastharvest quality of high pigment and crimson tomato fruit. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 96, n. 4, p. 534-535, July 1971.

LEAL, N. R.; MIZUBUTI, A. Características e conservação natural pós-colheita de frutos de híbridos entre a introdução “alcobaça” e alguns cultivares de tomate. **Experientiae**, Viçosa, MG, v. 19, n. 11, p. 239-257, jun. 1975.

LEE, S. K.; KADER, A. A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 20, n. 3, p. 207-220, Nov. 2000.

LOBO, M. **Genetic and physiological studies of the “alcobaça” tomato ripening mutant**. 1981. 107 f. Thesis (Ph.D. in Genetics of Plants) - University of Florida, Gainesville, 1981.

LOBO, M.; BASSET, M. J.; HANNAH, L. C. Inheritance and characterization of the fruit ripening mutation in “alcobaça” tomato. **Journal American Society of Horticultural and Science**, Alexandria, v. 109, n. 5, p. 741-745, Sept. 1984.

LÓPEZ, J. et al. Color and lycopene content of several commercial tomato varieties at different harvesting dates. **Acta Horticulturae**, Amsterdam, v. 542, n. 51, p. 243-245, Aug. 2001.

LURIE, S. et al. Reversible inhibition of tomato fruit gene expression at high temperature: effects on tomato fruit ripening. **Plant Physiology**, Washington, v. 110, n. 4, p. 1207-1214, Apr. 1996.

MINAMI, K.; HAAG, H. P. **O tomateiro**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1989. 397 p.

MOORE, S. et al. Use of genomics tools to isolate key ripening genes and analyse fruit maturation in tomato. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 53, n. 377, p. 2023-2030, Oct. 2002.

MOURA, M. L.; SARGENT, S. A.; OLIVEIRA, R. F. Efeito da atmosfera controlada na conservação de tomates colhidos em estágio intermediário de maturidade. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 1, 1999. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90161999000100020&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 26 abr. 2011.

MUTSCHLER, M. A. Inheritance and characterization of the “Alcobaça” storage mutant in tomato. **HortScience**, Alexandria, v. 16, n. 3, p. 399-400, June 1981. Abstract.

_____. Ripening and storage characteristics of the ‘alcobaca’ ripening mutant in tomato. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 109, n. 4, p. 504-507, July 1984.

MUTSCHLER, M. A. et al. Tomato fruit quality and shelf life in hybrids heterozygous for the *alc* ripening mutant. **HortScience**, Alexandria, v. 27, n. 4, p. 352-355, Apr. 1992.

NG, T. J.; TIGCHELAAR, E. C. Action of the non-ripening (nor) mutant on fruit ripening of tomato. **American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 102, n. 4, p. 504-509, 1977.

PEREIRA, A. V.; CALBO, A. G. Volumes gasosos e deformação de frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) sob compressão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 14, n. 1, p. 107, maio 1996. Resumo.

RÊGO, E. R. et al. Inheritance of fruit color and pigment changes in a yellow tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) mutant. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 22, n. 1, p. 101-104, 1999.

RICK, C. M.; BUTLER, L. Cytogenetics of the tomato. **Advances in Genetics**, New York, v. 8, p. 267-382, 1956.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Nature and distribution of carotenoids in foods. In: CHARALAMBOUS, G. (Ed.). **Shelf-life studies of foods and beverages: chemical, biological, physical and nutritional aspects**. Amsterdam: Elsevier Science, 1993. p. 547-589.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFAN, J. **Fontes brasileiras de carotenoides**: tabela brasileira de composição de carotenoides em alimentos. Brasília: MMA/SBF, 2008. 100 p.

SANTOS JÚNIOR, A. M. dos et al. Comportamento pós-colheita das características químicas, bioquímicas e físicas de frutos de tomateiros heterozigotos nos locos *alcobaça* e *ripening inhibitor*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 4, p. 749-757, jul./ago. 2003.

SAYAMA, H. **Morphological and physiological effects associated with the crimson (*og^c*), high pigment (*hp*) and other chlorophyll intensifier genes in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.)**. 1979. 96 f. Dissertation (Master in Plant Science) - Purdue University, West Lafayette, 1979.

SHAMI, N. J. I. E.; MOREIRA, E. A. M. Licopeno como agente antioxidante. **Revista Nutrição**, Campinas, v. 17, n. 2, p. 227-236, abr./jun. 2004.

SOMMER, A. **La carencia de vitamina A y sus consecuencias**: guía práctica para la detección y el tratamiento. 3. ed. Ginebra: Organización Mundial de la Salud, 1995. 73 p.

STAHL, W.; SIES, H. Carotenoids: occurrence, biochemical activities and bioavailability. In: PACKER, L.; HIRAMATSU, M.; YOSHICAWA, T. (Ed.). **Antioxidant food supplements in human health**. San Diego: Academic, 1999. p. 183-198.

THOMPSON, A. E. et al. Characterization of *crimson* tomato fruit color. **Proceeding American Society for Horticultural Science**, College Park, v. 86, n. 1, p. 610-616, July 1965.

_____. Inheritance of *crimson* fruit color in tomatoes. **Proceeding American Society for Horticultural Science**, College Park, v. 91, n. 2, p. 495-504, Dec. 1967.

THOMPSON, A. E.; HEPLER, R. W.; KER, E. A. Clarification of the inheritance of high total carotenoids pigments in the tomato. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 8, p. 434-442, 1962.

THURNHAM, D. I. Bioequivalence of b-carotene and retinol. **Journal of Science of Food and Agriculture**, London, v. 87, n. 1, p. 13-39, Feb. 2007.

TIGCHELAAR, E. C.; MCGLASSON, W. B.; BUESCHER, R. W. Genetic regulation of tomato fruit ripening. **HortScience**, Alexandria, v. 13, n. 5, p. 170-180, Oct. 1978.

VILAS-BOAS, E. V. de B. **Aspectos fisiológicos do desenvolvimento de frutos**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 75 p.

WENZEL, G. E. **Bioquímica experimental dos alimentos**. São Leopoldo: UNISINOS, 2001. 213 p.

ZAMBON, F. R. A. **Comparação dos processos de maturação de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill.), Rada, Mutantes Nor e Rin e seus Híbridos F. 1**. 1984. 45 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1984.

CAPÍTULO 2

Teor de carotenoides, vitamina C e conservação pós-colheita de híbridos de tomateiro portadores de alelos mutantes de coloração e/ou amadurecimento

RESUMO

Os alelos mutantes *ripening inhibitor (rin)*, *alcobaça (nor^A)*, *tangerine (t)*, *high pigment (hp)* e *old gold-crimson (og^c)* retardam o processo natural de amadurecimento e/ou alteram a pigmentação dos frutos. Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a viabilidade do emprego desses mutantes, em heterozigose ou homozigose, em genótipos de tomateiro, utilizando dois tipos de tomate, saladete e multilocular, visando obter melhoria da qualidade pós-colheita dos frutos, coloração, teor de licopeno, beta-caroteno e vitamina C. O experimento foi em delineamento de blocos casualizados com 16 tratamentos e três repetições. Foram avaliados 11 híbridos experimentais F1(TOM-694 x TOM-658), F1(TOM-658 x BPX-381G-10-05-03-01 bulk), F1(TOM-694 x TOM-542), F1(TOM-694 x TOM-543), F1(NC-8276 x BPX-408B-02 bulk), F1(TOM-596 x BPX-408B-02 bulk), F1(TOM-617 x BPX-408B-02 bulk), F1(TOM-589 x BPX-408B-02 bulk), F1(TOM-660 x BPX-408B-02 bulk), F1(NC-1Y x BPX-408B-02 bulk), F1(NC-2Y x BPX-408B-02 bulk) e cinco testemunhas, sendo três híbridos comerciais (Bravo Pto, Dominador e Alambra) e duas linhagens (TOM-658 e TOM-615). Os atributos de qualidade dos frutos avaliados foram meia vida da firmeza, número de dias para firmeza $2,0 \times 10^4 \text{N.m}^{-2}$, teores de licopeno e beta-caroteno, vitamina C e coloração interna dos frutos. A linhagem TOM-658 (og^{c+}/og^{c+}) e o híbrido experimental F1(TOM-694 x TOM-658) (og^{c+}/og^c) apresentaram os maiores teores de licopeno. Os maiores valores de vitamina C foram encontrados no híbrido experimental F1(TOM-658 x BPX-381G-10-05-03-01 bulk) (73,38 mg.100g⁻¹) e na linhagem TOM-615 (72,40 mg.100 g⁻¹). A meia vida da firmeza variou de 9,15 dias, para a linhagem TOM-615 (og^{c+}/og^{c+}) a 15,89 dias, para o híbrido experimental F1(TOM-589 x BPX-408B-02 bulk) ($og^{c+}/og^c hp^+/hp nor^+/nor^A$), confirmando que o loco *alcobaça*, em heterozigose, contribui para aumentar ligeiramente a firmeza dos frutos em pós-colheita. O número de dias para a firmeza $2,0 \cdot 10^4 \text{N.m}^{-2}$ variou entre 9,12 dias, para o genótipo normal Bravo Pto e 14,94 dias, para o híbrido experimental F1(TOM-694 x TOM-542) ($og^{c+}/og^c; hp^+/hp$). As constituições genótípicas ($og^{c+}/og^c; hp^+/hp$) e ($og^{c+}/og^c; hp^+/hp; nor^+/nor^A$) contribuíram para o aumento da vida pós-colheita dos frutos. O emprego dos

mutantes *og^c* e/ou *hp*, em heterozigose, melhorou a coloração e aumentou os teores de beta-caroteno e licopeno dos frutos.

Palavras-chave: Tomate. Vida de prateleira. Licopeno. Beta-caroteno

ABSTRACT

The mutant alleles *ripening inhibitor (rin)*, *alcobaça (nor^A)*, *tangerine (T)*, *high pigment (hp)* and *old-gold crimson (og^c)* slow the natural process of maturation and / or alter the pigmentation of the fruit. The aim of this study was to evaluate the feasibility of using these mutants in heterozygous or homozygous genotypes of tomato, using two types of tomatoes, and multilocular saladete, aimed at improving the postharvest quality of fruit, color, content of lycopene, beta-carotene and vitamin C. The experiment was a randomized block design with 16 treatments and three repetitions. We evaluated 11 experimental F1 hybrids (TOM-694 x TOM-658), F1 (TOM-658 x BPX-381G-10-05-03-01 bulk), F1 (TOM-694 x TOM-542), F1 (TOM-694 x TOM-543), F1 (NC-8276 x BPX-408B-02 bulk), F1 (TOM-596 x BPX-408B-02 bulk), F1 (TOM-617 x BPX-408B-02 bulk) F1 (TOM-589 x BPX-408B-02 bulk), F1 (TOM-660 x BPX-408B-02 bulk), F1 (NC- 1Y x BPX-408B-02 bulk), F1 (NC-2Y x BPX-408B-02 bulk) and five witnesses, three commercial hybrids (Bravo Pto, Dominador and Alambra) and two lines (TOM-658 and TOM-615). We evaluated some attributes of fruit quality, such as half life of the firm, number of days for firmness $2.0 \times 10^4 \text{N.m}^{-2}$, levels of lycopene and beta-carotene, vitamin C and internal color of the fruit. The line TOM-658 (*og^{c+} / og^{c+}*) and experimental hybrid F1 (TOM-694 x TOM-658) (*og^{c+} / og^c*) had the highest levels of lycopene. The experimental hybrid F1 (TOM-658 x BPX-381G-10-05-03-01 bulk) (73.38 mg/100 g) and TOM-615 line (72.40 mg/100 g) showed the highest values of vitamin C. The half life of the firm ranged from 9.15 days for the line TOM-615 (*og^{c+} / og^{c+}*) to 15.89 days for the experimental hybrid F1 (TOM-589 x BPX-408B-02 bulk) (*og^{c+} / og^{c+} hp / hp nor⁺ / nor^A*), confirming that the site "alcobaça" in heterozygosity contributes to slightly increase the firmness of the fruit after harvest. The number of days for the firmness $2.0 \cdot 10^4 \text{Nm}^{-2}$ ranged from 9.12 days for the normal genotype Bravo Pto and 14.94 days for the experimental hybrid F1 (TOM-694 x TOM-542) (*og^{c+}/og^c; hp⁺ / hp*). The genotypic constitutions (*og^{c+}/og^c; hp⁺/hp*) and (*og^{c+}/og^c; hp⁺/hp; nor⁺/nor^A*) contributed to the increase in postharvest life of fruits. The use of *og^c* mutant and/or *hp*, heterozygous, improved color and increased levels of beta-carotene and lycopene from fruits.

Keywords: Tomato. Shelf life. Lycopene. Beta-carotene.

1 INTRODUÇÃO

A demanda por produtos de excelente qualidade funcional, como frutos com maior teor de licopeno e vitamina C, tem aumentado significativamente nos últimos anos. O licopeno é um antioxidante com propriedades anticancerígenas que confere coloração avermelhada aos frutos e uma das estratégias para aumentar seu teor tem sido o emprego de diferentes alelos mutantes que interferem na coloração do tomate.

O emprego de mutantes *crimson* (*og^c*) e/ou *high pigment* (*hp*) melhoram a coloração dos frutos em consequência da elevação do teor de licopeno. Esta, no entanto, pode ser prejudicada pelo emprego de alguns mutantes de amadurecimento, como *ripening inhibitor* (*rin*), *non ripening* (*nor*) ou *alcobaça* (*nor^A*), importantes para prolongar a vida pós-colheita dos frutos, o que pode favorecer o transporte em longas distâncias e o tempo de prateleira.

Entre esses mutantes, os alelos *rin* e *nor* são mais amplamente empregados em cultivares híbridas comerciais. Apenas os heterozigotos para os genes *rin* (*rin⁺/rin*), *nor* (*nor⁺/nor*) e *alcobaça* (*nor⁺/nor^A*) têm sido empregados, uma vez que os respectivos homozigotos afetam muito desfavoravelmente a coloração final dos frutos.

Embora em vários trabalhos relatem-se os efeitos desses mutantes, são poucas as pesquisas nas quais se avaliaram os efeitos da ação simultânea de mais de um desses alelos em um mesmo genótipo. Com base nos argumentos expostos, este trabalho foi realizado com o objetivo de quantificar e comparar os efeitos da ação independente ou conjunta dos alelos *og^c* e/ou *HP*, em heterozigose ou homozigose, nas características relacionadas à conservação pós-colheita de frutos de tomateiro e sua coloração. Ainda, para as mesmas características, avaliou-se o comportamento dos alelos *og^c* e/ou *hp* em heterozigose sobre o genótipo heterozigoto *alcobaça* (*nor⁺/nor^A*), no intuito de

averiguar a viabilidade de se empregarem os alelos mutantes simultaneamente em híbridos de tomateiro, visando à melhoria da coloração, juntamente com o teor de carotenoides, e da vida de prateleira dos frutos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de condução dos experimentos

A pesquisa foi desenvolvida na Estação Experimental da HortiAgro Sementes Ltda., localizada na Fazenda Palmital, município de Ijaci, MG. Os trabalhos foram conduzidos durante os anos de 2009 e 2010, em etapas distintas. No primeiro ano, foram obtidos os híbridos experimentais e, posteriormente, foi instalado e conduzido o experimento de cultivo, com os respectivos híbridos. As avaliações das características de qualidade de frutos foram realizadas no Laboratório de Cultura de Tecidos da UFLA. As avaliações de vitamina C e coloração interna dos frutos foram realizadas no Laboratório de Produtos Vegetais do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA. A quantificação dos carotenoides foi realizada no Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças da Embrapa Agroindústria de Alimentos, no Rio de Janeiro.

2.2 Obtenção e caracterização do material experimental

A semeadura dos genitores masculinos e femininos foi feita em bandejas de isopor de 128 células contendo substrato comercial Plantmax[®]. Após quinze dias, foi feito o desbaste, deixando-se uma plântula por célula. O transplante das mudas para a casa de vegetação ocorreu quando as plântulas atingiram cerca de 10 cm de altura.

Utilizaram-se diferentes genitores masculinos e femininos para a obtenção das diferentes combinações alélicas desejadas, conforme os seguintes híbridos: F1(TOM-694 X TOM-658), F1(TOM-658 X BPX-381G-10-05-03-01 bulk), F1(TOM-694 X TOM-542), F1(TOM-694 X TOM-543), F1(NC-8276 X BPX-408B-02 bulk), F1(TOM-596 X BPX-408B-02 bulk), F1(TOM-617 X

BPX-408B-02 bulk), F1(TOM-589 X BPX-408B-02 bulk), F1(TOM-660 X BPX-408B-02 bulk), F1(NC-1Y X BPX-408B-02 bulk), F1(NC-2Y X BPX-408B-02 bulk). Estes híbridos, juntamente com as testemunhas (híbridos comerciais Bravo Pto, Dominador e Alambra e as linhagens TOM-658 e TOM-615), constituíram os 16 tratamentos, conforme caracterizado no Quadro 1.

Os híbridos experimentais foram obtidos por meio de cruzamentos manuais. As flores dos genitores masculinos foram coletadas e, depois de permanecerem sob uma lâmpada com temperatura de cerca de 28 °C, por aproximadamente duas horas, fez-se a coleta do pólen de cada genitor, que foi identificado, guardado em cápsula de gelatina e conservado em geladeira. Os botões florais dos genitores femininos foram emasculados pela manhã e, posteriormente, polinizados com pólen de cada genitor masculino coletado anteriormente.

Os frutos foram colhidos maduros, sendo suas sementes extraídas manualmente. Estas foram colocadas para fermentar por 48 horas e, em seguida, lavadas e tratadas com solução de ácido clorídrico e água, na proporção de 1:20, por duas horas, lavadas em água corrente e secas à sombra.

Quadro 1 Caracterização dos tratamentos. UFLA, Lavras, MG, 2012

TRATAMENTOS		CARACTERÍSTICAS
T1	Bravo Pto	saladete, normal, híbrido comercial
T2	TOM-658	saladete, <i>og^c</i> homocigoto, linhagem
T3	F1(TOM-694 X TOM-658)	saladete, <i>og^c</i> heterocigoto, híbrido experimental
T4	F1(TOM-658 X BPX-381G-10-05-03-01 bulk)	saladete, <i>og^c</i> homocigoto, <i>hp</i> heterocigoto, híbrido experimental
T5	F1(TOM-694 X TOM-542)	saladete, <i>og^c</i> heterocigoto, <i>hp</i> heterocigoto, híbrido experimental
T6	F1(TOM-694 X TOM-543)	saladete, <i>og^c</i> heterocigoto, <i>hp</i> heterocigoto, híbrido experimental
T7	Alambra	multilocular, normal, híbrido comercial
T8	Dominador	multilocular, normal, híbrido comercial
T9	F1(NC-8276 X BPX-408B-02 bulk)	multilocular, normal, híbrido experimental
T10	TOM-615	multilocular, <i>og^c</i> homocigoto, linhagem
T11	F1(TOM-596 X BPX-408B-02 bulk)	multilocular, <i>og^c</i> heterocigoto, híbrido experimental
T12	F1(TOM-617 X BPX-408B-02 bulk)	multilocular, <i>og^c</i> heterocigoto, <i>alcobaça</i> heterocigoto, híbrido experimental
T13	F1(TOM-589 X BPX-408B-02 bulk)	multilocular, <i>og^c</i> heterocigoto, <i>hp</i> heterocigoto, <i>alcobaça</i> heterocigoto, híbrido experimental
T14	F1(TOM-660 X BPX-408B-02 bulk)	multilocular, <i>rin</i> heterocigoto, híbrido experimental
T15	F1(NC-1Y X BPX-408B-02 bulk)	multilocular, <i>tangerine</i> heterocigoto, híbrido experimental
T16	F1(NC-2Y X BPX-408B-02 bulk)	multilocular, <i>tangerine</i> heterocigoto, híbrido experimental

T1 a T16 = Tratamentos

Os efeitos das diferentes combinações genóticas nos locos *og^c*, *hp*, *nor^A*, *rin* e *t*, sobre as características mensuradas, foram estudados por meio da estimativa de contrastes não ortogonais entre os tratamentos, conforme indicado no Quadro 2.

Quadro 2 Contrastes de interesse usados para comparações entre genótipos e/ou grupo de genótipos com diferentes teores de licopeno. UFLA, Lavras, MG, 2012

Contraste	Contrastes Estimados	Descrição
C0	$(T1+T2+T3+T4+T5+T6)/6 - (T7+T8+T9+T10+T11+T12+T13+T14+T15+T16)/10$	Tipo Saladete Vs Tipo Multilocular
C1	$(T2+T10)/2 - (T1+T7+T8+T9)/4$	Genótipos homocigotos <i>og^c</i> vs. genótipos normais
C2	T2 - T1	Genótipos homocigotos <i>og^c</i> vs. genótipo normal (tipo saladete)
C3	T10 - (T7+T8+T9)	Genótipos homocigotos <i>og^c</i> vs. genótipos normais (tipo multilocular)
C4	$(T3+T11)/2 - (T1+T7+T8+T9)/4$	Genótipos heterocigotos <i>og^c</i> vs. genótipos normais
C5	T3 - T1	Genótipos heterocigotos <i>og^c</i> vs. genótipo normal (tipo saladete)
C6	T11 - (T7+T8+T9)	Genótipos heterocigotos <i>og^c</i> vs. genótipos normais (tipo multilocular)
C7	$(T3+T11)/2 - (T2+T10)/2$	Genótipos heterocigotos <i>og^c</i> vs. genótipos homocigotos <i>og^c</i>
C8	T3 - T2	Genótipos heterocigotos <i>og^c</i> vs. genótipos homocigotos <i>og^c</i> (tipo saladete)
C9	T11 - T10	Genótipos heterocigotos <i>og^c</i> vs. genótipos homocigotos <i>og^c</i> (tipo multilocular)
C10	T4 - T1	Genótipo (homocigoto <i>og^c</i> + heterocigoto <i>hp</i>) vs. genótipo normal (tipo saladete)
C11	T4 - T2	Genótipo (homocigoto <i>og^c</i> + heterocigoto <i>hp</i>) vs. genótipo homocigoto <i>og^c</i> (tipo saladete)
C12	$(T5+T6)/2 - T1$	Genótipo (heterocigoto <i>og^c</i> + heterocigoto <i>hp</i>) vs. genótipo normal (tipo saladete)
C13	$(T5+T6)/2 - T3$	Genótipo (heterocigoto <i>og^c</i> + heterocigoto <i>hp</i>) vs. genótipo heterocigoto <i>og^c</i> (tipo saladete)
C14	$(T5+T6)/2 - T2$	Genótipo (heterocigoto <i>og^c</i> + heterocigoto <i>hp</i>) vs. genótipo homocigoto <i>og^c</i> (tipo saladete)
C15	$(T5+T6)/2 - T4$	Genótipo (heterocigoto <i>og^c</i> + heterocigoto <i>hp</i>) vs. genótipo (homocigoto <i>og^c</i> + heterocigoto <i>hp</i>) (tipo saladete)
C16	T12 - (T7+T8+T9)	Genótipo (heterocigoto <i>og^c</i> + heterocigoto <i>alcobaça</i>) vs. genótipos normais (tipo multilocular)
C17	T12 - T11	Genótipo (heterocigoto <i>og^c</i> + heterocigoto <i>alcobaça</i>) vs. genótipo heterocigoto <i>og^c</i> (tipo multilocular)
C18	T13 - (T7+T8+T9)	Genótipo (heterocigoto <i>og^c</i> + heterocigoto <i>hp</i> + heterocigoto <i>alcobaça</i>) vs. genótipos normais (tipo multilocular)
C19	T13 - T11	Genótipo (heterocigoto <i>og^c</i> + heterocigoto <i>hp</i> + heterocigoto <i>alcobaça</i>) vs. genótipo Heterocigoto <i>og^c</i> (tipo multilocular)
C20	T13 - T12	Genótipo (heterocigoto <i>og^c</i> + heterocigoto <i>hp</i> + heterocigoto <i>alcobaça</i>) vs. genótipo (heterocigoto <i>og^c</i> + heterocigoto <i>alcobaça</i>) (tipo multilocular)
C21	T14 - (T7+T8+T9)	Genótipo heterocigoto <i>rin</i> vs. genótipos normais (tipo multilocular)
C22	$(T15+T16) - (T7+T8+T9)$	Genótipos heterocigotos <i>tangerine</i> vs. genótipos normais (tipo multilocular)
C23	T2 - T10	Genótipo homocigoto <i>og^c</i> (tipo saladete) vs. genótipo homocigoto <i>og^c</i> (tipo multilocular)

2.3 Condução do experimento

O experimento foi conduzido no esquema de delineamento em blocos casualizados, com 16 tratamentos e 3 repetições. As parcelas foram constituídas de uma única fileira contendo dez plantas, sendo todas de hábito indeterminado.

A produção das mudas dos 16 tratamentos foi feita de forma idêntica ao item 4.2.

O transplântio para o campo foi feito utilizando-se o espaçamento de 0,5 m entre plantas e 1,5 m entre fileiras. O cultivo foi feito em sistema tutorado com estaca e a irrigação foi feita por sistema de gotejamento.

Capinas manuais foram feitas e pulverizações com produtos específicos para a cultura do tomate foram realizadas quando necessário, para o controle de pragas e patógenos.

As adubações de cobertura foram feitas por meio de fertirrigação por gotejamento, seguindo recomendações de Filgueira (2008) para a cultura do tomate cultivado em campo.

2.4 Avaliações – Características de qualidade do fruto

Os frutos foram coletados no estágio *breaker* (quando o ápice do fruto começa a mudar de cor) de maturação em cada parcela para a determinação das características de qualidade do fruto.

2.4.1 Firmeza de fruto

Seis frutos de cada parcela foram colhidos no estágio *breaker* de maturação, sendo devidamente identificados e avaliados quanto à firmeza pela técnica de aplanção (CALBO; NERY, 1995), denominada firmeza inicial. Em

seguida, os frutos foram armazenados em prateleiras, em uma câmara fria com temperatura controlada (15 °C) e 60% de umidade relativa, onde permaneceram durante todo o período das sucessivas avaliações, utilizando-se a mesma técnica a cada dois dias, até os frutos apresentarem-se moles o suficiente para que ocorresse o rompimento do tecido. Em aparelho denominado ‘aplanador central’ (CALBO; NERY, 1995), os frutos receberam a pressão de um peso de 1,047 kgf, denominado de ponto de prova (F). Na base desse ponto de prova, uma pequena placa de acrílico no sentido horizontal atuava diretamente na superfície do fruto, sempre em um mesmo ponto previamente demarcado na região equatorial, onde permanecia durante 15 segundos. A pressão direta sobre o fruto promovia a formação de uma superfície de contato de formato elipsoidal, delimitada por uma marca de óleo mineral (colocava-se uma pequena gota de óleo Nujol no ponto marcado no fruto para melhorar a visualização). Com um paquímetro digital, mediram-se o maior (a) e o menor (b) diâmetro da elipsoide delineada. A área da superfície aplanada (A), em cm², foi calculada pela expressão $A = 0,7854 * a * b$. A firmeza (P) foi determinada pela divisão do peso no ponto de prova (F) pela área aplanada (A). Os resultados dessa relação foram expressos em N.m⁻², em que valores maiores indicam frutos mais firmes.

A meia vida da firmeza (T) consiste no tempo (em dias) em que a firmeza inicial do fruto no estágio *breaker* se reduz à metade. Ela foi obtida pela regressão dos dados da firmeza de cada parcela, no número de dias decorridos (X), mediante o modelo estatístico de decaimento exponencial: $Fz = F_0 * (1/2)^{X/T}$, em que F_0 = firmeza inicial (N.m⁻²) dos frutos no estágio *breaker*; X = número de dias decorridos após a colheita no estágio *breaker*; T = meia vida da firmeza (dias) e Fz = firmeza (N.m⁻²), depois de decorridos X dias.

O estágio da firmeza dos frutos, que corresponde ao limite abaixo do qual esses não são mais considerados adequados para o consumo, corresponde, experimentalmente, a um valor situado em $2,0 \times 10^4$ N.m⁻², razão pela qual se

procurou estimar o tempo decorrido após a colheita, necessário para que a firmeza atingisse esse valor. Esse tempo representa, portanto, a capacidade de conservação (vida de prateleira) dos frutos considerados.

2.4.2 Pigmentos carotenoides (licopeno e beta-caroteno)

Para extração e identificação dos carotenoides foram utilizados três frutos de cada parcela e todos foram coletados no estágio *breaker* e, quando maduros, foram acondicionados em sacos devidamente identificados para posterior análise.

A extração dos carotenoides foi realizada segundo Rodriguez-Amaya (2001). Todas as operações foram feitas ao abrigo da luz, protegendo-se os pigmentos da luz difusa com papel alumínio. Depois que os tomates foram processados em liquidificador, amostras de 1 g de polpa foram retiradas para análise do teor de pigmentos carotenoides. Posteriormente esta foi transferida para um graal de porcelana e adicionaram-se, aproximadamente, 3 g de celite.

O solvente utilizado para a extração dos carotenoides foi a acetona resfriada (4 °C) em volume suficiente para cobrir a mistura (20 a 50 mL). Em seguida, foi realizada a maceração com pistilo e a mistura obtida foi, então, filtrada a vácuo, em funil de vidro com placa sinterizada, conectado ao kitassato de 500 mL.

O sólido retido foi então retornado ao graal e nova extração foi realizada com outra porção de acetona resfriada. Este processo foi repetido até que não houvesse mais a percepção da cor característica dos carotenoides na matriz. Em geral, foram necessárias de três a seis repetições do processo.

O extrato líquido recolhido no kitassato foi, então, transferido lentamente para o funil de separação de 250 mL, já contendo 40-50 mL de éter

de petróleo. A mistura foi, então, lentamente lavada com 200-300 mL de água ultrapura e a fase inferior, aquosa, foi, então, descartada.

Sucessivas lavagens com água foram realizadas até que não fosse mais perceptível o cheiro característico de acetona na água de descarte. Normalmente, 3 a 4 lavagens foram suficientes e, no caso da formação de emulsão, adicionaram-se 20-30 mL de solução concentrada de cloreto de sódio.

O extrato etéreo obtido foi filtrado através de funil de vidro raiado contendo uma camada de aproximadamente 3 cm de sulfato de sódio anidro. O filtrado foi recolhido em balão volumétrico âmbar de 100 mL. O volume do balão foi, então, aferido com éter de petróleo e conduzido para a quantificação dos carotenoides por cromatografia líquida de alta eficiência. Uma alíquota de 1 mL do extrato etéreo foi transferida para vial âmbar de 3 mL e o solvente foi removido sob fluxo de nitrogênio até a secura. Ao resíduo foram adicionados 100 µL de acetona e o vial foi agitado em vórtex, durante 10 segundos. Com auxílio de pipetador automático, a solução obtida foi transferida para vial com redutor de volume e realizou-se a análise cromatográfica.

A análise cromatográfica baseou-se na metodologia validada por Pacheco (2009). Foi utilizado cromatógrafo líquido modular Waters composto por bomba 600, com degaseificador, injetor automático 717 plus e detector de arranjo de fotodiodos 996. Coluna YMC C30 Carotenoid (250 x 4,6mm x 3µm), a 33 °C, com eluição em gradiente de éter metil terc-butilico:metanol, fluxo 0,8 mL/min, volume de injeção de 15 µL e o tempo total de análise de 28 minutos.

Os carotenoides identificados foram beta-caroteno e licopeno, sendo os mesmos expressos em µg.100g⁻¹.

2.4.3 Vitamina C

Para a determinação de vitamina C, foram utilizados três frutos de cada parcela. Estes foram coletados no estágio *breaker* e, quando maduros, foram acondicionados em sacos devidamente identificados para posterior análise. Os frutos foram batidos no liquidificador e acondicionados em recipientes envolvidos com papel alumínio. Utilizaram-se três amostras de 1 g de polpa de tomate para cada parcela.

O teor de ácido ascórbico foi determinado pelo método colorimétrico com 2,4 dinitrofenilhidrazina, após a oxidação do ácido ascórbico a ácido dehidroascórbico, segundo metodologia proposta por Strohecker e Henning (1967). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 g de polpa.

2.4.4 Coloração do fruto

A coloração interna dos frutos foi determinada com a ajuda do colorímetro Minolta CR-400, no modo CIE L^* , a^* e b^* . A coordenada L^* (luminosidade) representa quão mais claro ou mais escuro está o fruto, com valores entre 0 (totalmente preto) e 100 (totalmente branco); coordenada a^* (índice de saturação vermelho) pode assumir valores entre -80 a +100, no qual os extremos correspondem, respectivamente, ao verde e ao vermelho; a coordenada b^* (índice de saturação amarelo) pode variar de -50 a +70, com intensidade do azul ao amarelo. Utilizaram-se três frutos por parcela. Estes foram partidos ao meio e feitas as leituras em quatro pontos distintos da polpa de cada fruto. A média dos quatro pontos nos três frutos representou o valor da parcela.

A saturação (C^* ou Chroma) foi calculada por meio da equação $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ (ARIAS et al., 2000) e esta define a vivacidade (próximo de 60) ou

opacidade da cor (próximo de zero) (COLOR GLOSSARY, 2011; KONICA MINOLTA, 2011).

O Hue, ou ângulo Hue, também foi calculado a partir das equações $\tan^{-1}(b^*/a^*)$, quando $a^* > 0$ e $b^* \geq 0$, e $180 + \tan^{-1}(b^*/a^*)$, quando $a^* < 0$ (ARIAS et al., 2000) e está relacionado às diferenças de absorvância em diferentes comprimentos de onda, permitindo distinguir colorações de mesma luminosidade. O valor hue de 180° representa o verde puro e 0° , vermelho puro; quanto mais próximo de zero for este valor, mais vermelho será o tomate (COLOR GLOSSARY, 2011; KONICA MINOLTA, 2011).

2.5 Análises estatísticas

As análises de variâncias foram realizadas e as médias dos genótipos foram comparadas, pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade, por meio do aplicativo estatístico *Statistical Analysis System* (SAS), tanto para as variáveis de qualidade do fruto quanto de produtividade.

Contrastes selecionados entre grupos de genótipos com diferentes alelos mutantes de amadurecimento e/ou coloração foram calculados (Quadro 2), a fim de caracterizar diferenças possíveis nos teores de licopeno, beta-caroteno, vitamina C, meia vida da firmeza e número de dias para firmeza $2,0 \cdot 10^4 \text{ N.m}^{-2}$ (vida de prateleira).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises de variância para as características de qualidade dos frutos com os valores dos quadrados médios e as respectivas significâncias, bem como os coeficientes de variação, estão apresentados na Tabela 1A, nos Apêndices. Para todas as características de qualidade do fruto avaliadas foram observadas diferenças significativas entre as médias dos tratamentos, discriminadas pelo teste de Duncan ($\alpha = 0,05$) (Tabelas 1, 3, 5, 7, 9).

Os valores médios correspondentes à meia vida da firmeza (dias) em frutos de tomateiro e as estimativas dos contrastes são apresentados nas Tabelas 1 e 2.

A meia vida da firmeza corresponde ao período em pós-colheita que o fruto leva para ter firmeza igual à metade em relação à inicial. Para os genótipos avaliados, essa característica variou de 9,15 dias, para a linhagem TOM-615 (og^c/og^c) a 15,89 dias, para o híbrido experimental F1(TOM-589 x BPX-408B-02 bulk) ($og^{c+}/og^c hp^+/hp nor^+/nor^A$) (Tabela 1).

Os frutos do híbrido F1(TOM-589 x BPX-408B-02 bulk) apresentaram tendência de se conservarem firmes por mais tempo que os demais híbridos F1. De maneira geral, os híbridos heterozigotos para *alcobaça* (nor^+/nor^A) tendem a ser mais firmes, corroborando a hipótese de que o loco *alcobaça* em heterozigose contribui para aumentar ligeiramente a firmeza dos frutos em pós-colheita.

Os frutos de híbridos og^{c+}/og^c ; hp^+/hp e nor^+/nor^A apresentaram os valores maiores para meia vida da firmeza em relação aos híbridos de constituição og^{c+}/og^c , conforme acusa a estimativa positiva do contraste C19 (Tabela 2). As combinações $og^{c+}/og^c hp^+/hp nor^+/nor^A$ tendem a incrementar a meia vida da firmeza, contribuindo, assim, para maior conservação pós-colheita.

Andrade Júnior et al. (2005) verificaram que a combinação $og^{c+}/og^c hp^+/hp$ nor^+/nor^A foi eficiente em reduzir a perda de firmeza dos frutos, assim como a meia vida da firmeza de frutos $og^{c+}/og^c hp^+/hp$ foi aumentada pelo genótipo nor^+/nor^A . Faria et al. (2006) também verificaram que essa combinação em heterozigose aumenta a firmeza dos frutos. O contraste C3, que compara o loco og^c homocigoto em relação aos híbridos normais, foi significativo, porém, apresentou estimativas de valores negativos, o que demonstra que apenas o loco og^c não foi suficiente para aumentar a meia vida da firmeza (Tabela 2).

Tabela 1 Valores médios da meia vida da firmeza (dias) em tomate. UFPA, Lavras, MG, 2012

Tratamentos	Meia vida da firmeza
T1 Bravo Pto	9,61d
T2 TOM-658	11,52abcd
T3 F1(TOM-694 X TOM-658)	11,10abcd
T4 F1(TOM-658 X BPX-381G-10-05-03-01 bulk)	10,96abcd
T5 F1(TOM-694 X TOM-542)	15,56ab
T6 F1(TOM-694 X TOM-543)	10,53cd
T7 Alambra	13,93abcd
T8 Dominador	13,72abcd
T9 F1(NC-8276 X BPX-408B-02 bulk)	11,02abcd
T10 TOM-615	9,15d
T11 F1(TOM-596 X BPX-408B-02 bulk)	11,62abcd
T12 F1(TOM-617 X BPX-408B-02 bulk)	12,61abcd
T13 F1(TOM-589 X BPX-408B-02 bulk)	15,89a
T14 F1(TOM-660 X BPX-408B-02 bulk)	14,67abc
T15 F1(NC-1Y X BPX-408B-02 bulk)	10,82bcd
T16 F1(NC-2Y X BPX-408B-02 bulk)	11,07abcd

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Duncan ($\alpha = 0,05$)

Tabela 2 Estimativas de contrastes de interesse para meia vida da firmeza (dias) em tomate. UFLA, Lavras, MG, 2012

	Contrastes de interesse	Estimativas (meia vida da firmeza)	Descrição
C0	$(T1+T2+T3+T4+T5+T6)/6 - (T7+T8+T9+T10+T11+T12+T13+T14+T15+T16)/10$	-0,90 ns	Tipo Saladete Vs Tipo Multilocular
C1	$(T2+T10)/2 - (T1+T7+T8+T9)/4$	-1,74 ns	Genótipos homocigotos <i>og^c</i> vs. genótipos normais
C2	T2 - T1	1,91 ns	Genótipos homocigotos <i>og^c</i> vs. genótipo normal (tipo saladete)
C3	T10 - (T7+T8+T9)	-3,74 *	Genótipos homocigotos <i>og^c</i> vs. genótipos normais (tipo multilocular)
C4	$(T3+T11)/2 - (T1+T7+T8+T9)/4$	-0,71 ns	Genótipos heterocigotos <i>og^c</i> vs. genótipos normais
C5	T3 - T1	1,49 ns	Genótipos heterocigotos <i>og^c</i> vs. genótipo normal (tipo saladete)
C6	T11 - (T7+T8+T9)	-1,27 ns	Genótipos heterocigotos <i>og^c</i> vs. genótipos normais (tipo multilocular)
C7	$(T3+T11)/2 - (T2+T10)/2$	1,03 ns	Genótipos heterocigotos <i>og^c</i> vs. genótipos homocigotos <i>og^c</i>
C8	T3 - T2	-0,42 ns	Genótipos heterocigotos <i>og^c</i> vs. genótipos homocigotos <i>og^c</i> (tipo saladete)
C9	T11 - T10	2,47 ns	Genótipos heterocigotos <i>og^c</i> vs. genótipos homocigotos <i>og^c</i> (tipo multilocular)
C10	T4 - T1	1,35 ns	Genótipo (homocigoto <i>og^c</i> + heterocigoto <i>hp</i>) vs. genótipo normal (tipo saladete)
C11	T4 - T2	-0,56 ns	Genótipo (homocigoto <i>og^c</i> + heterocigoto <i>hp</i>) vs. genótipo homocigoto <i>og^c</i> (tipo saladete)
C12	$(T5+T6)/2 - T1$	3,43 ns	Genótipo (heterocigoto <i>og^c</i> + heterocigoto <i>hp</i>) vs. genótipo normal (tipo saladete)
C13	$(T5+T6)/2 - T3$	1,94 ns	Genótipo (heterocigoto <i>og^c</i> + heterocigoto <i>hp</i>) vs. genótipo Heterocigoto <i>og^c</i> (tipo saladete)
C14	$(T5+T6)/2 - T2$	1,53 ns	Genótipo (heterocigoto <i>og^c</i> + heterocigoto <i>hp</i>) vs. genótipo homocigoto <i>og^c</i> (tipo saladete)
C15	$(T5+T6)/2 - T4$	2,08 ns	Genótipo (heterocigoto <i>og^c</i> + heterocigoto <i>hp</i>) vs. genótipo (homocigoto <i>og^c</i> + heterocigoto <i>hp</i>) (tipo saladete)
C16	T12 - (T7+T8+T9)	-0,28 ns	Genótipo (heterocigoto <i>og^c</i> + heterocigoto <i>alcobaça</i>) vs. genótipos normais (tipo multilocular)

Tabela 2, continuação

Contrastes de interesse		Estimativas (meia vida da firmeza)	Descrição
C17	T12 - T11	0,99 ns	Genótipo (heterozigoto <i>og^c</i> + heterozigoto <i>alcobaça</i>) vs. genótipo heterozigoto <i>og^c</i> (tipo multilocular)
C18	T13 - (T7+T8+T9)	3,00 ns	Genótipo (heterozigoto <i>og^c</i> + heterozigoto <i>hp</i> + heterozigoto <i>alcobaça</i>) vs. genótipos normais (tipo multilocular)
C19	T13 - T11	4,27 *	Genótipo (heterozigoto <i>og^c</i> + heterozigoto <i>hp</i> + heterozigoto <i>alcobaça</i>) vs. genótipo heterozigoto <i>og^c</i> (tipo multilocular)
C20	T13 - T12	3,28 ns	Genótipo (heterozigoto <i>og^c</i> + heterozigoto <i>hp</i> + heterozigoto <i>alcobaça</i>) vs. genótipo (heterozigoto <i>og^c</i> + heterozigoto <i>alcobaça</i>) (tipo multilocular)
C21	T14 - (T7+T8+T9)	1,78 ns	Genótipo heterozigoto <i>rin</i> vs. genótipos normais (tipo multilocular)
C22	(T15+T16) - (T7+T8+T9)	-1,95 ns	Genótipos heterozigotos <i>tangerine</i> vs. genótipos normais (tipo multilocular)
C23	T2 - T10	2,37 ns	Genótipo homozigoto <i>og^c</i> (tipo saladete) vs genótipo homozigoto <i>og^c</i> (tipo multilocular)

** ,* , ns: significativo a 1% e a 5%, e não significativo, respectivamente, pelo teste F

Os valores médios correspondentes ao número de dias para atingir a firmeza $2,0 \cdot 10^4$ N.m⁻² (vida de prateleira) e as estimativas dos contrastes em frutos de tomate são apresentados nas Tabelas 3 e 4 foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos avaliados.

O número de dias para a firmeza $2,0 \cdot 10^4$ N.m⁻² corresponde à firmeza limite, abaixo da qual o fruto torna-se inviável para comercialização e representa, portanto, a capacidade de conservação do mesmo. Observou-se a variação entre 9,12 dias, para o genótipo normal Bravo Pto e 14,94 dias, para o híbrido F1(TOM-694 x TOM-542) (*og^{c+}/og^c; hp⁺/hp*) (Tabela 3).

As constituições genóticas (*og^{c+}/og^c; hp⁺/hp*) e (*og^{c+}/og^c; hp⁺/hp; nor⁺/nor^A*) contribuíram para o aumento da vida pós-colheita dos frutos, conforme demonstra a significância dos tratamentos T5, T6 e T13. Esses efeitos de *og^c*, *hp* e *nor^A* foram significativos, principalmente quando em heterozigose, o que demonstra os contrastes C14 e C15 (Tabela 4). Andrade Júnior et al. (2005) e Faria et al. (2006) também verificaram que a combinação *og^{c+}/og^c; hp⁺/hp* e *nor⁺/nor^A* prolonga a firmeza dos frutos.

Tabela 3 Valores médios do número de dias para atingir a firmeza $2,0 \cdot 10^4 \text{ N.m}^{-2}$ em tomate. UFLA, Lavras, MG, 2012

Tratamentos		Número de dias para firmeza $2,0 \cdot 10^4 \text{ N.m}^{-2}$
T1	Bravo Pto	9,12d
T2	TOM-658	11,44abcd
T3	F1(TOM-694 X TOM-658)	13,18abc
T4	F1(TOM-658 X BPX-381G-10-05-03-01 bulk)	11,55abcd
T5	F1(TOM-694 X TOM-542)	14,94a
T6	F1(TOM-694 X TOM-543)	14,09a
T7	Alambra	13,88ab
T8	Dominador	14,75a
T9	F1(NC-8276 X BPX-408B-02 bulk)	14,13a
T10	TOM-615	9,79cd
T11	F1(TOM-596 X BPX-408B-02 bulk)	11,84abcd
T12	F1(TOM-617 X BPX-408B-02 bulk)	12,55abcd
T13	F1(TOM-589 X BPX-408B-02 bulk)	14,36a
T14	F1(TOM-660 X BPX-408B-02 bulk)	12,42abcd
T15	F1(NC-1Y X BPX-408B-02 bulk)	10,18bcd
T16	F1(NC-2Y X BPX-408B-02 bulk)	10,22bcd

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Duncan ($\alpha=0,05$)

Tabela 4 Estimativas de contrastes de interesse para número de dias para atingir a firmeza $2,0.10^4$ N.m⁻² em tomate. UFLA, Lavras, MG, 2012

	Contrastes de interesse	Estimativas (número de dias para firmeza $2,0.10^4$ N.m ⁻²)	Descrição
C0	$(T1+T2+T3+T4+T5+T6)/6 - (T7+T8+T9+T10+T11+T12+T13+T14+T15+T16)/10$	-0,02 ns	Tipo Saladete vs tipo multilocular
C1	$(T2+T10)/2 - (T1+T7+T8+T9)/4$	-2,35 *	Genótipos homocigotos <i>og^c</i> vs. genótipos normais
C2	T2 - T1	2,32 ns	Genótipos homocigotos <i>og^c</i> vs. genótipo normal (tipo saladete)
C3	T10 - (T7+T8+T9)	-4,46 **	Genótipos homocigotos <i>og^c</i> vs. genótipos normais (tipo multilocular)
C4	$(T3+T11)/2 - (T1+T7+T8+T9)/4$	-0,46 ns	Genótipos heterocigotos <i>og^c</i> vs. genótipos normais
C5	T3 - T1	4,07 *	Genótipos heterocigotos <i>og^c</i> vs. genótipo normal (tipo saladete)
C6	T11 - (T7+T8+T9)	-2,41 ns	Genótipos heterocigotos <i>og^c</i> vs. genótipos normais (tipo multilocular)
C7	$(T3+T11)/2 - (T2+T10)/2$	1,90 ns	Genótipos heterocigotos <i>og^c</i> vs. genótipos homocigotos <i>og^c</i>
C8	T3 - T2	1,74 ns	Genótipos heterocigotos <i>og^c</i> vs. genótipos homocigotos <i>og^c</i> (tipo saladete)
C9	T11 - T10	2,05 ns	Genótipos heterocigotos <i>og^c</i> vs. genótipos homocigotos <i>og^c</i> (tipo multilocular)
C10	T4 - T1	2,43 ns	Genótipo (homocigoto <i>og^c</i> + heterocigoto <i>hp</i>) vs. genótipo normal (tipo saladete)
C11	T4 - T2	0,11 ns	Genótipo (homocigoto <i>og^c</i> + heterocigoto <i>hp</i>) vs. genótipo homocigoto <i>og^c</i> (tipo saladete)
C12	$(T5+T6)/2 - T1$	5,40 **	Genótipo (heterocigoto <i>og^c</i> + heterocigoto <i>hp</i>) vs. genótipo normal (tipo saladete)
C13	$(T5+T6)/2 - T3$	1,33 ns	Genótipo (heterocigoto <i>og^c</i> + heterocigoto <i>hp</i>) vs. genótipo heterocigoto <i>og^c</i> (tipo saladete)
C14	$(T5+T6)/2 - T2$	3,08 *	Genótipo (heterocigoto <i>og^c</i> + heterocigoto <i>hp</i>) vs. genótipo homocigoto <i>og^c</i> (tipo saladete)

Tabela 4, continuação

Contrastes de interesse	Estimativas (número de dias para firmeza $2,0 \cdot 10^4 \text{ N.m}^{-2}$)	Descrição
C15 (T5+T6)/2 - T4	2,97*	Genótipo (heterozigoto og^c + heterozigoto hp) vs. genótipo (homozigoto og^c + heterozigoto hp) (tipo saladete)
C16 T12 - (T7+T8+T9)	-1,70 ns	Genótipo (heterozigoto og^c + heterozigoto $alcobaça$) vs. genótipos normais (tipo multilocular)
C17 T12 - T11	0,71 ns	Genótipo (heterozigoto og^c + heterozigoto $alcobaça$) vs. genótipo heterozigoto og^c (tipo multilocular)
C18 T13 - (T7+T8+T9)	0,11 ns	Genótipo (heterozigoto og^c + heterozigoto hp + heterozigoto $alcobaça$) vs. genótipos normais (tipo multilocular)
C19 T13 - T11	2,52 ns	Genótipo (heterozigoto og^c + heterozigoto hp + heterozigoto $alcobaça$) vs. genótipo heterozigoto og^c (tipo multilocular)
C20 T13- T12	1,81 ns	Genótipo (heterozigoto og^c + heterozigoto hp + heterozigoto $alcobaça$) vs. genótipo (heterozigoto og^c + heterozigoto $alcobaça$) (tipo multilocular)
C21 T14 - (T7+T8+T9)	-1,83 ns	Genótipo heterozigoto rin vs. genótipos normais (tipo multilocular)
C22 (T15+T16) - (T7+T8+T9)	-4,06**	Genótipos heterozigotos $tangerine$ vs. genótipos normais (tipo multilocular)
C23 T2-T10	1,65 ns	Genótipo homozigoto og^c (tipo saladete) vs genótipo Homozigoto og^c (tipo multilocular)

**,* , ns: significativo a 1% e a 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F

Os valores médios correspondentes ao teor de licopeno ($\mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$) dos frutos de tomateiro avaliados no estágio maduro são apresentados na Tabela 5. As estimativas dos contrastes que comparam os efeitos dos genótipos avaliados se encontram na Tabela 6.

Tabela 5 Valores médios do teor de licopeno ($\mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$) em 16 genótipos de tomateiro. UFLA, Lavras, MG, 2012

Tratamentos	Licopeno
T1 Bravo Pto	9.683abcd
T2 TOM-658	11.852a
T3 F1(TOM-694 X TOM-658)	11.707a
T4 F1(TOM-658 X BPX-381G-10-05-03-01 bulk)	10.561ab
T5 F1(TOM-694 X TOM-542)	10.154abc
T6 F1(TOM-694 X TOM-543)	8.426abcde
T7 Alambra	4.680ef
T8 Dominador	6.050cdef
T9 F1(NC-8276 X BPX-408B-02 bulk)	7.885abcde
T10 TOM-615	7.864abcde
T11 F1(TOM-596 X BPX-408B-02 bulk)	8.178abcde
T12 F1(TOM-617 X BPX-408B-02 bulk)	5.678def
T13 F1(TOM-589 X BPX-408B-02 bulk)	6.517bcdef
T14 F1(TOM-660 X BPX-408B-02 bulk)	3.328f
T15 F1(NC-1Y X BPX-408B-02 bulk)	6.342bcdef
T16 F1(NC-2Y X BPX-408B-02 bulk)	5.345def

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Duncan ($\alpha=0,05$)

De maneira geral, as combinações envolvendo os locos portadores dos alelos mutantes de amadurecimento *rin* e *alcobaça* em heterozigose (tratamentos 12, 13 e 14) tenderam a reduzir os teores de licopeno dos frutos em relação aos frutos de genótipo normal (Bravo Pto) e os portadores dos alelos *og^c* e *hp*, conforme acusam os valores médios que avaliam esses efeitos (Tabela 5). A linhagem TOM-658 (*og^{c+}/og^{c+}*) e o híbrido F1(TOM-694 x TOM-658) (*og^{c+}/og^c*) apresentaram os maiores teores de licopeno, enquanto o híbrido F1(TOM-660 x BPX-408B-02 bulk) (*rin⁺/rin*) apresentou o menor teor. Porém, Faria et al.

(2006) verificaram que a presença dos genótipos og^{c+}/og^c ; hp^+/hp , juntos ou isolados, aumentou a coloração dos frutos rin^+/rin .

Tabela 6 Estimativas de contrastes de interesse para teor de licopeno ($\mu\text{g}/100\text{g}$) em tomate. UFLA, Lavras, MG, 2012

	Contrastes de interesse	Estimativas (teor de licopeno)	Descrição
C0	$(T1+T2+T3+T4+T5+T6)/6 - (T7+T8+T9+T10+T11+T12+T13+T14+T15+T16)/10$	4210,46 **	Tipo saladete vs tipo multilocular
C1	$(T2+T10)/2 - (T1+T7+T8+T9)/4$	2783,50 *	Genótipos homocigotos <i>og^c</i> vs. genótipos normais
C2	$T2 - T1$	2169,33 ns	Genótipos homocigotos <i>og^c</i> vs. genótipo normal (tipo saladete)
C3	$T10 - (T7+T8+T9)$	1658,66 ns	Genótipos homocigotos <i>og^c</i> vs. genótipos normais (tipo multilocular)
C4	$(T3+T11)/2 - (T1+T7+T8+T9)/4$	2868,17 *	Genótipos heterocigotos <i>og^c</i> vs. genótipos normais
C5	$T3 - T1$	2024,00 ns	Genótipos heterocigotos <i>og^c</i> vs. genótipo normal (tipo saladete)
C6	$T11 - (T7+T8+T9)$	1973,33 ns	Genótipos heterocigotos <i>og^c</i> vs. genótipos normais (tipo multilocular)
C7	$(T3+T11)/2 - (T2+T10)/2$	84,67 ns	Genótipos heterocigotos <i>og^c</i> vs. genótipos homocigotos <i>og^c</i>
C8	$T3 - T2$	-145,33 ns	Genótipos heterocigotos <i>og^c</i> vs. genótipos homocigotos <i>og^c</i> (tipo saladete)
C9	$T11 - T10$	314,67 ns	Genótipos heterocigotos <i>og^c</i> vs. genótipos homocigotos <i>og^c</i> (tipo multilocular)
C10	$T4 - T1$	878,00 ns	Genótipo (homocigoto <i>og^c</i> + heterocigoto <i>hp</i>) vs. genótipo normal (tipo saladete)
C11	$T4 - T2$	-1291,33 ns	Genótipo (homocigoto <i>og^c</i> + heterocigoto <i>hp</i>) vs. genótipo homocigoto <i>og^c</i> (tipo saladete)
C12	$(T5+T6)/2 - T1$	-393,00 ns	Genótipo (heterocigoto <i>og^c</i> + heterocigoto <i>hp</i>) vs. genótipo normal (tipo saladete)
C13	$(T5+T6)/2 - T3$	-2417,00 ns	Genótipo (heterocigoto <i>og^c</i> + heterocigoto <i>hp</i>) vs. genótipo heterocigoto <i>og^c</i> (tipo saladete)
C14	$(T5+T6)/2 - T2$	-2562,33 ns	Genótipo (heterocigoto <i>og^c</i> + heterocigoto <i>hp</i>) vs. genótipo homocigoto <i>og^c</i> (tipo saladete)

Tabela 6, continuação

Contrastes de interesse		Estimativas (teor de licopeno)	Descrição
C15	(T5+T6)/2 - T4	-1271,00 ns	Genótipo (heterozigoto <i>og^c</i> + heterozigoto <i>hp</i>) vs. genótipo (homozigoto <i>og^c</i> + heterozigoto <i>hp</i>) (tipo saladete)
C16	T12 - (T7+T8+T9)	-526,67 ns	Genótipo (heterozigoto <i>og^c</i> + heterozigoto <i>alcobaça</i>) vs. genótipos normais (tipo multilocular)
C17	T12 - T11	-2500,00 ns	Genótipo (heterozigoto <i>og^c</i> + heterozigoto <i>alcobaça</i>) vs. genótipo heterozigoto <i>og^c</i> (tipo multilocular)
C18	T13 - (T7+T8+T9)	312,00 ns	Genótipo (heterozigoto <i>og^c</i> + heterozigoto <i>hp</i> + heterozigoto <i>alcobaça</i>) vs. genótipos normais (tipo multilocular)
C19	T13 - T11	-1661,33 ns	Genótipo (heterozigoto <i>og^c</i> + heterozigoto <i>hp</i> + heterozigoto <i>alcobaça</i>) vs. genótipo heterozigoto <i>og^c</i> (tipo multilocular)
C20	T13- T12	838,67 ns	Genótipo (heterozigoto <i>og^c</i> + heterozigoto <i>hp</i> + heterozigoto <i>alcobaça</i>) vs. genótipo (heterozigoto <i>og^c</i> + heterozigoto <i>alcobaça</i>) (tipo multilocular)
C21	T14 - (T7+T8+T9)	-2876,67 ns	Genótipo heterozigoto <i>rin</i> vs. genótipos normais (tipo multilocular)
C22	(T15+T16) - (T7+T8+T9)	-361,50 ns	Genótipos heterozigotos <i>tangerine</i> vs. genótipos normais (tipo multilocular)
C23	T2-T10	3988,67**	Genótipo homozigoto <i>og^c</i> (tipo saladete) vs genótipo homozigoto <i>og^c</i> (tipo multilocular)

**,* , ns, significativo a 1% e a 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F

As estimativas dos contrastes C0 (tipo saladete vs tipo multilocular), C1 (genótipos homozigotos og^c vs genótipos normais do tipo saladete), C4 (genótipos heterozigotos og^c vs genótipos normais do tipo saladete) e C23 (genótipos homozigotos og^c saladete vs genótipos homozigotos og^c multilocular) foram significativas, apresentando aumento no teor de licopeno (Tabela 6). Verifica-se que a utilização de genótipos homozigotos (og^{c+}/og^{c+}) e heterozigotos (og^{c+}/og^c), quando comparados com genótipos normais, tanto do grupo saladete quanto do multilocular, tendeu a elevar o teor de licopeno de forma semelhante. Os teores de licopeno para os genótipos homozigotos e heterozigotos foram, em média, de 2.783,50 e 2.868,17 $\mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$, respectivamente (C1 e C4).

Quando se compararam os genótipos do tipo saladete com os do tipo multilocular (C0), verificou-se também elevação significativa no teor de licopeno, da ordem de 4.210,46 $\mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ em média. Este aumento, provavelmente, não está relacionado somente às características de fruto (saladete ou multilocular), mas também a uma maior proporção de alelos homozigotos e heterozigotos og^c nos genótipos do tipo saladete, que somam 83%, quando comparado com o tipo multilocular, que soma 40%, dos quais 20% são heterozigotos *alcobaça*. Assim, além do efeito do alelo og^c , verifica-se a influência do background saladete, de acordo com o contraste C23 (og^c homozigoto saladete vs og^c homozigoto multilocular), em que também se observou elevação significativa do teor de licopeno na linhagem deste tipo (TOM-658), da ordem de 3.988,67 $\mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$.

Os valores médios correspondentes ao teor de beta-caroteno ($\mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$) dos frutos de tomateiro avaliados no estágio maduro estão apresentados na Tabela 7. Pela análise de variância observaram-se diferenças entre os tratamentos, cujas médias foram discriminadas pelo teste Duncan ($\alpha=0,05$). As

estimativas dos contrastes que comparam os efeitos dos genótipos avaliados se encontram na Tabela 8.

Tabela 7 Valores médios do teor de beta-caroteno ($\mu\text{g}/100\text{g}$) em tomate. UFLA, Lavras, MG, 2012

	Tratamentos	Beta-caroteno
T1	Bravo Pto	345,3abc
T2	TOM-658	287,3abc
T3	F1(TOM-694 X TOM-658)	373,3abc
T4	F1(TOM-658 X BPX-381G-10-05-03-01 bulk)	236,0bc
T5	F1(TOM-694 X TOM-542)	391,0abc
T6	F1(TOM-694 X TOM-543)	316,3abc
T7	Alambra	528,3a
T8	Dominador	375,3abc
T9	F1(NC-8276 X BPX-408B-02 bulk)	485,3ab
T10	TOM-615	177,3c
T11	F1(TOM-596 X BPX-408B-02 bulk)	393,7abc
T12	F1(TOM-617 X BPX-408B-02 bulk)	411,0abc
T13	F1(TOM-589 X BPX-408B-02 bulk)	520,0a
T14	F1(TOM-660 X BPX-408B-02 bulk)	454,0ab
T15	F1(NC-1Y X BPX-408B-02 bulk)	501,0a
T16	F1(NC-2Y X BPX-408B-02 bulk)	436,5ab

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Duncan ($\alpha=0,05$)

Os híbridos F1(TOM-589 X BPX-408B-02 bulk), F1(NC-1Y X BPX-408B-02 bulk) e o híbrido comercial Alambra apresentaram os maiores teores de beta-caroteno, diferindo apenas do híbrido F1(TOM-658 X BPX-381G-10-05-03-01 bulk) e da linhagem TOM-615.

Araújo (1997), estudando a interação intraloco e interlocos dos alelos *alcobaça*, *og^c* e *hp*, verificou que o alelo *alcobaça* em homozigose reduziu os teores de licopeno e beta-caroteno, prolongou a vida pós-colheita e aumentou a firmeza dos frutos. O mesmo alelo, em heterozigose, não prejudicou nem a coloração externa e interna dos frutos e nem o teor de licopeno, porém, reduziu o teor de beta-caroteno, o que pode ser superado por combinações específicas com *og^c* e/ou *hp*. Araújo (1997) concluiu que as combinações mais promissoras,

considerando o conjunto de características avaliadas, foram $nor^+/nor^A og^{c+}/og^{c+} hp^+/hp$, $nor^+/nor^A og^{c+}/og^{c+} hp/hp$ e $nor^+/nor^A og^c/og^c hp^+/hp^+$.

As estimativas dos contrastes C0 (tipo saladete vs tipo multilocular), C1 (genótipos homozigotos og^c vs genótipos normais do tipo saladete) e C3 (genótipos homozigotos og^c vs genótipos normais do tipo multilocular) e C9 (genótipos heterozigotos og^c vs genótipos homozigotos og^c multilocular) foram significativas, apresentando aumento no teor de beta-caroteno (Tabela 8).

Quando foram comparados os genótipos do tipo saladete com os do tipo multilocular (C0), verificou-se que os genótipos do tipo multilocular apresentaram um teor significativamente maior de beta-caroteno, da ordem de $99,90 \mu\text{g}.100\text{g}^{-1}$, em média, do que os genótipos do tipo saladete.

Comparando-se os genótipos homozigotos og^c com os genótipos normais do tipo saladete (C1), verificou-se também elevação significativa no teor de beta-caroteno, da ordem de $201,25 \mu\text{g}.100\text{g}^{-1}$, em média, para os do tipo normal em relação aos do tipo og^c , sendo esta elevação ainda maior ($285,67 \mu\text{g}.100\text{g}^{-1}$) para os do tipo normal multilocular em relação aos do tipo og^c (C3). Já se comparando os genótipos heterozigotos og^c com os genótipos homozigotos og^c do tipo multilocular, verificou-se elevação da ordem de $216,33 \mu\text{g}.100\text{g}^{-1}$ para os genótipos heterozigotos og^c (C9).

Tabela 8 Estimativas de contrastes de interesse para teor de beta-caroteno ($\mu\text{g}/100\text{g}$) em tomate. UFLA, Lavras, MG, 2012

	Contrastes de interesse	Estimativas (teor de beta-caroteno)	Descrição
C0	$(T1+T2+T3+T4+T5+T6)/6 - (T7+T8+T9+T10+T11+T12+T13+T14+T15+T16)/10$	-99,90 *	Tipo saladete vs tipo multilocular
C1	$(T2+T10)/2 - (T1+T7+T8+T9)/4$	-201,25 **	Genótipos homocigotos <i>og^c</i> vs. genótipos normais
C2	T2 - T1	-58,00 ns	Genótipos homocigotos <i>og^c</i> vs. genótipo normal (tipo saladete)
C3	T10 - (T7+T8+T9)	-285,67 **	Genótipos homocigotos <i>og^c</i> vs. genótipos normais (tipo multilocular)
C4	$(T3+T11)/2 - (T1+T7+T8+T9)/4$	-50,08 ns	Genótipos heterocigotos <i>og^c</i> vs. genótipos normais
C5	T3 - T1	28,00 ns	Genótipos heterocigotos <i>og^c</i> vs. genótipo normal (tipo saladete)
C6	T11 - (T7+T8+T9)	-69,33 ns	Genótipos heterocigotos <i>og^c</i> vs. genótipos normais (tipo multilocular)
C7	$(T3+T11)/2 - (T2+T10)/2$	151,17 ns	Genótipos heterocigotos <i>og^c</i> vs. genótipos homocigotos <i>og^c</i>
C8	T3 - T2	86,00 ns	Genótipos heterocigotos <i>og^c</i> vs. genótipos homocigotos <i>og^c</i> (tipo saladete)
C9	T11 - T10	216,33 *	Genótipos heterocigotos <i>og^c</i> vs. genótipos homocigotos <i>og^c</i> (tipo multilocular)
C10	T4 - T1	-109,33 ns	Genótipo (homocigoto <i>og^c</i> + heterocigoto <i>hp</i>) vs. genótipo normal (tipo saladete)
C11	T4 - T2	-51,33 ns	Genótipo (homocigoto <i>og^c</i> + heterocigoto <i>hp</i>) vs. genótipo homocigoto <i>og^c</i> (tipo saladete)
C12	$(T5+T6)/2 - T1$	8,33 ns	Genótipo (heterocigoto <i>og^c</i> + heterocigoto <i>hp</i>) vs. genótipo normal (tipo saladete)
C13	$(T5+T6)/2 - T3$	-19,67 ns	Genótipo (heterocigoto <i>og^c</i> + heterocigoto <i>hp</i>) vs. genótipo heterocigoto <i>og^c</i> (tipo saladete)
C14	$(T5+T6)/2 - T2$	66,33 ns	Genótipo (heterocigoto <i>og^c</i> + heterocigoto <i>hp</i>) vs. genótipo homocigoto <i>og^c</i> (tipo saladete)
C15	$(T5+T6)/2 - T4$	117,67 ns	Genótipo (heterocigoto <i>og^c</i> + heterocigoto <i>hp</i>) vs. genótipo (homocigoto <i>og^c</i> + heterocigoto <i>hp</i>) (tipo saladete)

Tabela 8, continuação

	Contrastes de interesse	Estimativas (teor de beta-caroteno)	Descrição
C16	T12 - (T7+T8+T9)	-52,00 ns	Genótipo (heterozigoto <i>og^c</i> + heterozigoto <i>alcobaça</i>) vs. genótipos normais (tipo multilocular)
C17	T12 - T11	17,33 ns	Genótipo (heterozigoto <i>og^c</i> + heterozigoto <i>alcobaça</i>) vs. genótipo heterozigoto <i>og^c</i> (tipo multilocular)
C18	T13 - (T7+T8+T9)	57,00 ns	Genótipo (heterozigoto <i>og^c</i> + heterozigoto <i>hp</i> + heterozigoto <i>alcobaça</i>) vs. genótipos normais (tipo multilocular)
C19	T13 - T11	126,33 ns	Genótipo (heterozigoto <i>og^c</i> + heterozigoto <i>hp</i> + heterozigoto <i>alcobaça</i>) vs. genótipo heterozigoto <i>og^c</i> (tipo multilocular)
C20	T13- T12	109,00 ns	Genótipo (heterozigoto <i>og^c</i> + heterozigoto <i>hp</i> + heterozigoto <i>alcobaça</i>) vs. genótipo (heterozigoto <i>og^c</i> + heterozigoto <i>alcobaça</i>) (tipo multilocular)
C21	T14 - (T7+T8+T9)	-9,00 ns	Genótipo heterozigoto <i>rin</i> vs. genótipos normais (tipo multilocular)
C22	(T15+T16) - (T7+T8+T9)	-11,57 ns	Genótipos heterozigotos <i>tangerine</i> vs. genótipos normais (tipo multilocular)
C23	T2-T10	110,00 ns	Genótipo homozigoto <i>og^c</i> (tipo saladete) vs genótipo homozigoto <i>og^c</i> (tipo multilocular)

**,* , ns, significativo a 1% e a 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F

Os valores médios correspondentes ao teor de vitamina C ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) em frutos de tomateiro avaliados no estágio maduro e as estimativas dos contrastes estão apresentados nas Tabela 9 e 10, respectivamente.

A vitamina C é de extrema importância para o organismo humano, sendo desejáveis teores maiores dessa vitamina em frutos presentes na dieta. Os genótipos que apresentaram os maiores valores de vitamina C foram o híbrido experimental F1(TOM-658 X BPX-381G-10-05-03-01 bulk) ($73,38 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) e a linhagem TOM-615 ($72,40 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) e os menores valores foram encontrados nos híbridos comerciais Bravo Pto ($43,20 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) e Dominador ($44,63 \text{ mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$) e o híbrido experimental F1(NC-1Y X BPX-408B-02 bulk) ($44,70 \text{ mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$). Estes valores, no entanto, estão acima do valor médio citado para tomate no Brasil, de $34,4 \text{ mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$, conforme registrado na tabela de composição nutricional de hortaliças, elaborada pela Embrapa Hortaliças (LUENGO et al., 2000).

Tabela 9 Valores médios do teor de vitamina C ($\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) em tomate. UFLA, Lavras, MG, 2012

	Tratamentos	Vitamina C
T1	Bravo Pto	43,20i
T2	TOM-658	67,64b
T3	F1(TOM-694 X TOM-658)	50,37g
T4	F1(TOM-658 X BPX-381G-10-05-03-01 bulk)	73,38a
T5	F1(TOM-694 X TOM-542)	54,32f
T6	F1(TOM-694 X TOM-543)	47,46h
T7	Alambra	50,52g
T8	Dominador	44,63i
T9	F1(NC-8276 X BPX-408B-02 bulk)	56,91e
T10	TOM-615	72,40a
T11	F1(TOM-596 X BPX-408B-02 bulk)	51,18g
T12	F1(TOM-617 X BPX-408B-02 bulk)	58,86d
T13	F1(TOM-589 X BPX-408B-02 bulk)	55,47ef
T14	F1(TOM-660 X BPX-408B-02 bulk)	46,42h
T15	F1(NC-1Y X BPX-408B-02 bulk)	44,70i
T16	F1(NC-2Y X BPX-408B-02 bulk)	65,87c

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Duncan ($\alpha=0,05$)

As estimativas dos contrastes (Tabela 10A) C0, C1, C2, C3, C4, C5, C7, C8, C9, C10, C11, C12, C14, C15, C16, C17, C18, C19, C20, C21, C22 e C23 foram significativas.

O contraste C0, que compara os tomates tipo saladete e os do tipo multilocular, apresentou valor positivo, mostrando que os do tipo saladete apresentaram maiores valores de vitamina C.

Os contrastes C1, C2, C3, C4 e C5 apresentaram valores positivos, demonstrando que os genótipos *og^c*, em heterozigose ou em homozigose, contribuíram para o aumento de vitamina C, quando comparados com os genótipos normais tanto do tipo saladete quanto do tipo multilocular. Os contrastes C7, C8 e C9 apresentaram valores negativos, indicando que o gene *og^c* em homozigose favoreceu no aumento de vitamina C, quando comparado com os do tipo *og^c* heterozigotos.

Nos contrastes C10, C11 e C12, os valores das estimativas foram positivos, mostrando que o genótipo *og^c*, tanto em heterozigose quanto em homozigose, na presença do genótipo *hp*, aumentaram o teor de vitamina C, quando comparado com os genótipos normais ou somente o tipo *og^c* homozigoto.

As estimativas dos contrastes C14 e C15 tiveram valores negativos, demonstrando que o genótipo *og^c*, homozigoto, sozinho ou em combinação com o genótipo heterozigoto *hp*, eleva o teor de vitamina C, quando comparado com a combinação dos genótipos *og^c* heterozigoto e *hp* heterozigoto. Já os genótipos *og^c* heterozigoto, em combinação com o genótipo *nor^A* heterozigoto, apresentaram valores positivos em relação aos genótipos normais ou *og^c* heterozigoto tipo multilocular (C16 e C17).

Os contrastes C18 e C19 apresentaram valores positivos, quando foram comparados os genótipos (*og^c* heterozigoto + *hp* heterozigoto + *nor^A* heterozigoto) com os genótipos normais ou *og^c* heterozigoto. Porém, no

contraste C20, o valor da estimativa foi negativo e os genótipos *og^c* heterozigoto em combinação com o genótipo *nor^A* heterozigoto tendeu a elevar os valores de vitamina C.

No contraste C21, o genótipo heterozigoto *rin* não elevou os valores de vitamina C, quando comparado aos genótipos normais. No entanto, o genótipo heterozigoto *tangerine* elevou os valores, quando comparado aos genótipos normais (C22).

O contraste C23, que compara o loco *og^c* homozigoto saladete em relação ao loco *og^c* homozigoto multilocular, foi significativo, com estimativas de valores negativos demonstrando que o grupo saladete diminuiu os teores de vitamina C.

Tabela 10 Estimativas de contrastes de interesse para vitamina C (mg/100g) em tomate. UFLA, Lavras, MG, 2011

	Contrastes de interesse	Estimativas (vitamina C)	Descrição
C0	$(T1+T2+T3+T4+T5+T6)/6 - (T7+T8+T9+T10+T11+T12+T13+T14+T15+T16)/10$	1,37*	Tipo Saladete Vs Tipo Multilocular
C1	$(T2+T10)/2 - (T1+T7+T8+T9)/4$	21,20*	Genótipos homozigotos <i>og^c</i> vs. genótipos normais
C2	T2 - T1	24,43*	Genótipos homozigotos <i>og^c</i> vs. genótipo normal (tipo saladete)
C3	T10 - (T7+T8+T9)	21,72*	Genótipos homozigotos <i>og^c</i> vs. genótipos normais (tipo multilocular)
C4	$(T3+T11)/2 - (T1+T7+T8+T9)/4$	1,96*	Genótipos heterozigotos <i>og^c</i> vs. genótipos normais
C5	T3 - T1	7,17**	Genótipos heterozigotos <i>og^c</i> vs. genótipo normal (tipo saladete)
C6	T11 - (T7+T8+T9)	0,49 ns	Genótipos heterozigotos <i>og^c</i> vs. genótipos normais (tipo multilocular)
C7	$(T3+T11)/2 - (T2+T10)/2$	-19,25 *	Genótipos heterozigotos <i>og^c</i> vs. genótipos homozigotos <i>og^c</i>
C8	T3 - T2	-17,27*	Genótipos heterozigotos <i>og^c</i> vs. genótipos homozigotos <i>og^c</i> (tipo saladete)
C9	T11 - T10	-21,23*	Genótipos heterozigotos <i>og^c</i> vs. genótipos homozigotos <i>og^c</i> (tipo multilocular)
C10	T4 - T1	30,18*	Genótipo (homozigoto <i>og^c</i> + heterozigoto <i>hp</i>) vs. genótipo normal (tipo saladete)
C11	T4 - T2	5,74*	Genótipo (homozigoto <i>og^c</i> + heterozigoto <i>hp</i>) vs. genótipo homozigoto <i>og^c</i> (tipo saladete)
C12	$(T5+T6)/2 - T1$	7,69*	Genótipo (heterozigoto <i>og^c</i> + heterozigoto <i>hp</i>) vs. genótipo normal (tipo saladete)
C13	$(T5+T6)/2 - T3$	0,52 ns	Genótipo (heterozigoto <i>og^c</i> + heterozigoto <i>hp</i>) vs. genótipo heterozigoto <i>og^c</i> (tipo saladete)
C14	$(T5+T6)/2 - T2$	-16,75 *	Genótipo (heterozigoto <i>og^c</i> + heterozigoto <i>hp</i>) vs. genótipo homozigoto <i>og^c</i> (tipo saladete)
C15	$(T5+T6)/2 - T4$	-22,49 *	Genótipo (heterozigoto <i>og^c</i> + heterozigoto <i>hp</i>) vs. genótipo (homozigoto <i>og^c</i> + heterozigoto <i>hp</i>) (tipo saladete)
C16	T12 - (T7+T8+T9)	8,17 *	Genótipo (heterozigoto <i>og^c</i> + heterozigoto <i>alcobaça</i>) vs. genótipos normais (tipo multilocular)
C17	T12 - T11	7,68 *	Genótipo (heterozigoto <i>og^c</i> + heterozigoto <i>alcobaça</i>) vs. genótipo heterozigoto <i>og^c</i> (tipo multilocular)

Tabela 10, continuação

	Contrastes de interesse	Estimativas (vitamina C)	Descrição
C18	T13 - (T7+T8+T9)	4,78 *	Genótipo (heterozigoto <i>og^c</i> + heterozigoto <i>hp</i> + heterozigoto <i>alcobaça</i>) vs. genótipos normais (tipo multilocular)
C19	T13 - T11	4,29 *	Genótipo (heterozigoto <i>og^c</i> + heterozigoto <i>hp</i> + heterozigoto <i>alcobaça</i>) vs. genótipo heterozigoto <i>og^c</i> (tipo multilocular)
C20	T13- T12	-3,39 *	Genótipo (heterozigoto <i>og^c</i> + heterozigoto <i>hp</i> + heterozigoto <i>alcobaça</i>) vs. genótipo (heterozigoto <i>og^c</i> + heterozigoto <i>alcobaça</i>) (tipo multilocular)
C21	T14 - (T7+T8+T9)	-4,26 *	Genótipo heterozigoto <i>rin</i> vs. genótipos normais (tipo multilocular)
C22	(T15+T16) - (T7+T8+T9)	4,59 *	Genótipos heterozigotos <i>tangerine</i> vs. genótipos normais (tipo multilocular)
C23	T2-T10	-4,77*	Genótipo homozigoto <i>og^c</i> (tipo saladete) vs genótipo homozigoto <i>og^c</i> (tipo multilocular)

**,* , ns: significativo a 1% e a 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F

Os valores médios de coloração são apresentados na Tabela 11.

A coordenada L^* (luminosidade) representa quão mais claro ou mais escuro está o fruto, com valores entre 0 (totalmente preto) e 100 (totalmente branco).

Em frutos de tomate verifica-se que os valores de L^* decrescem à medida que passam do estágio verde-maduro para vermelho, devido à síntese de carotenoides e à diminuição da coloração verde pela degradação da clorofila (LÓPEZ CAMELO; GÓMEZ, 2004). Os valores de L^* variaram de 33 a 40, sendo considerados baixos, pois os mesmos, no momento de avaliação, estavam totalmente maduros, tendo os híbridos F1(TOM-694 x TOM-658) e F1(TOM-658 x BPX-381G-10-05-03-01 bulk) apresentado os menores valores e o híbrido comercial Dominador, o maior valor de L^* (Tabela 11).

A coordenada a^* (índice de saturação vermelho) pode assumir valores entre -80 a +100, no qual os extremos correspondem, respectivamente, ao verde e ao vermelho.

Os valores do componente cromático a^* aumentam à medida que os frutos passam do estágio verde maduro para vermelho, como consequência da síntese de licopeno e da redução da clorofila. Estes variaram de 21 a 9. A linhagem TOM-658 apresentou o maior valor, mostrando que ela apresenta frutos de coloração mais avermelhada, fato este confirmado, pois também apresentou o maior teor de licopeno (Tabela 11).

A coordenada b^* (índice de saturação amarelo) pode variar de -50 a +70, com intensidade do azul ao amarelo. Os valores do componente cromático b^* (grau da cor amarela do fruto) tendem a decrescer à medida que os frutos passam do estágio verde maduro para vermelho, como consequência de uma elevada síntese de licopeno (cor vermelha) e beta-caroteno (cor laranja), que mascaram os pigmentos de coloração amarela (LÓPEZ CAMELO; GÓMEZ, 2004). Estes não variaram muito, apenas de 13 a 11 (Tabela 11).

O chroma (C) é a intensidade, ou saturação, de cor e, de acordo com McGuirre (1992), define a vivacidade (próximo de 60) ou a opacidade da cor (próximo de zero). Quanto maior o chroma, pode-se dizer que a cor é mais saturada e também mais intensa. Observa-se que, para a linhagem TOM-658, o valor de chroma foi maior, quando comparado com os frutos dos outros híbridos.

O ângulo hue (h) mostra a localização da cor em um diagrama, em que o ângulo 0° representa vermelho puro, o 90° representa o amarelo puro, o de 180° o verde puro e o 270° o azul. Quanto maior o ângulo de cor (h) obtido significa que a cor do fruto está mais próxima do amarelo e quanto menor o ângulo, mais a cor se aproxima do vermelho. Isso mostra que a linhagem TOM-658 e o híbrido experimental F1(TOM-658 x BPX-381G-10-05-03-01 bulk) são os que mais se aproximam do vermelho, enquanto os híbridos F1(TOM-660 x BPX-408B-02 bulk) e F1(NC-1Y x BPX-408B-02 bulk) mais se aproximam do amarelo.

Tabela 11 Valores médios de coloração em tomate. UFLA, Lavras, MG, 2011

	Tratamentos	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>chroma</i>	<i>hue</i>
T1	Bravo Pto	36	16	12	20	37
T2	TOM-658	35	21	13	25	32
T3	F1(TOM-694 X TOM-658)	33	15	11	19	37
T4	F1(TOM-658 X BPX-381G-10-05-03-01 bulk)	33	18	11	21	32
T5	F1(TOM-694 X TOM-542)	35	15	12	19	37
T6	F1(TOM-694 X TOM-543)	34	15	11	19	36
T7	Alambra	36	9	11	15	50
T8	Dominador	40	11	11	16	46
T9	F1(NC-8276 X BPX-408B-02 bulk)	37	13	12	18	43
T10	TOM-615	38	15	11	19	37
T11	F1(TOM-596 X BPX-408B-02 bulk)	35	15	12	19	39
T12	F1(TOM-617 X BPX-408B-02 bulk)	37	13	12	18	42
T13	F1(TOM-589 X BPX-408B-02 bulk)	36	13	12	18	42
T14	F1(TOM-660 X BPX-408B-02 bulk)	38	9	11	15	51
T15	F1(NC-1Y X BPX-408B-02 bulk)	38	10	13	16	51
T16	F1(NC-2Y X BPX-408B-02 bulk)	36	12	13	18	46

T1 a T16 = tratamentos;

4 CONCLUSÃO

O emprego dos mutantes og^c e/ou hp , em heterozigose ou homozigose, melhora a coloração e aumenta os teores de licopeno dos frutos em híbridos longa vida.

As constituições genótípicas (og^{c+}/og^c ; hp^+/hp) e (og^{c+}/og^c ; hp^+/hp ; nor^+/nor^A) contribuem para o aumento da vida pós-colheita dos frutos.

O emprego de mutantes og^c em homozigose contribui para o aumento de vitamina C nos frutos de tomateiro.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE JÚNIOR, V. C. de et al. Produção e qualidade de frutos de tomateiros portadores de alelos mutantes de amadurecimento e coloração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 6, p. 555-561, jun. 2005.
- ARAÚJO, M. L. de. **Interações intra-loco e inter-locos *alcobaça, crimson e high pigment* sobre características de qualidade e de produção de frutos do tomateiro**. 1997. 131 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.
- ARIAS, R. et al. Correlation of lycopene measured by HPLC with the L^* , a^* , b^* color readings of a hydroponic tomato and the relationship of maturity with color and lycopene content. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 48, n. 5, p. 1697-1702, Apr. 2000.
- 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, maio 1995.
- COLOR GLOSSARY. **Color glossary**. Disponível em: <http://www.sapdesignguild.org/resources/glossary_color>. Acesso em: 13 ago. 2011.
- FARIA, M. V. et al. Mutantes *rin*, *norA*, *ogc* e *hp* em diferentes backgrounds genotípicos de tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 5, p. 793-800, maio 2006.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa, MG: UFV, 2008. 421 p.
- KONICA MINOLTA. **Precise color communication**. Disponível em: <<http://www.konicaminoltaeurope.com/pcc/en>>. Acesso em: 13 ago. 2011.
- LÓPEZ CAMELO, A. F.; GÓMEZ, P. A. Comparison of color indexes for tomato ripening. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 534-537, jul./set. 2004.
- LUENGO, R. F. A. et al. **Tabela de composição nutricional das hortaliças**. Brasília: EMBRAPA Hortaliças, 2000. 4 p. (Documentos, 26).
- MCGUIRRE, R. G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, Alexandria, v. 17, n. 12, p. 1254-1255, Dec. 1992.

PACHECO, S. **Preparo de padrões analíticos, estudo de estabilidade e parâmetros de validação para ensaio de carotenoides por cromatografia líquida**. 2009. 116 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2009.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington: ILSI, 2001. 64 p.

STROHECKER, R. L.; HENNING, H. M. **Analisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428 p.

CAPÍTULO 3

Características de produção de híbridos de tomateiro portadores de alelos mutantes de coloração e/ou amadurecimento

RESUMO

Os alelos mutantes de amadurecimento e de coloração de frutos do tomateiro têm sido empregados para a melhoria da qualidade pós-colheita de frutos. Foram avaliados 11 híbridos experimentais e híbridos comerciais Bravo Pto, Dominador e Alambra como testemunha, além de duas linhagens TOM-658 e TOM-615, constituindo os 16 tratamentos, conduzidos em campo no delineamento em blocos casualizados com 3 repetições. A produtividade média dos genótipos avaliados atingiu 95,11 t.ha⁻¹, com amplitude delimitada pelos híbridos F1(TOM-589 X BPX-408B-02 bulk) (*og^{c+}/og^c, hp⁺/hp, nor⁺/nor^A*) e TOM-615 (*og^{c+}/og^{c+}*), os quais apresentaram produtividades de 112,03 t.ha⁻¹ e 65,50 t.ha⁻¹, respectivamente. A combinação *og^{c+}/og^c hp⁺/hp* contribuiu para aumentar a produção total do híbrido *nor⁺/nor^A*. Porém, a massa média por fruto foi menor, sendo maior no híbrido F1(NC-2Y X BPX-408B-02 bulk). A produção precoce foi maior no híbrido F1(TOM-660 X BPX-408B-02 bulk) (*rin⁺/rin*), que não diferenciou do híbrido Alambra. A massa média de frutos variou de 91,38 g, para o híbrido F1(TOM-694 X TOM-658) (*og^{c+}/og^c*) a 232,89 g, para o híbrido F1(NC-2Y X BPX-408B-02 bulk) (*t⁺/t*). Um possível efeito negativo na massa média de fruto, de *og^c* (em homozigose ou heterozigose), isoladamente ou em combinações com *hp⁺/hp*, foi detectado. A altura média das plantas alcançou 1,79 m, com magnitude delimitada pelos híbridos F1(TOM-694 X TOM-658) e F1(TOM-660 X BPX-408B-02 bulk), os quais apresentaram altura de 2,09 m e 1,51 m respectivamente.

Palavras-chave: Tomateiro. Produtividade total. Produtividade precoce. Massa média de frutos.

ABSTRACT

The mutant allele of maturation and coloration of tomato fruit have been used to improve the postharvest quality of fruits. Were evaluated 11 experimental F1 hybrids. Were used as witnesses hybrids Bravo Pto, Dominador e Alambra, and two lines TOM-658 and TOM-615, constituting the 16 treatments, led the field in a randomized block design with three replications. The average productivity of genotypes reached 95.11 t.ha⁻¹, with amplitude bounded by F1 hybrids F1(TOM-589 X BPX-408B-02 bulk) (*og^{c+}/og^c, hp⁺/hp, nor⁺/nor^A*) and TOM-615 (*og^{c+}/og^{c+}*), which showed yields of 112.03 t.ha⁻¹, respectively. The combination *og^{c+}/og^c hp⁺/hp* increased the total production of the hybrid *nor⁺/nor^A*. But the average weight per fruit was lower, being higher in F1 hybrids (NC-2Y X BPX-408B-02 bulk). The early production was higher in the F1 hybrid (TOM-660 x BPX-408B-02 Bulk) (*rin⁺/rin*) that did not differentiate the hybrid commercial/witness Alambra. The average mass of fruits ranged from 91.38 g for the F1 hybrids (TOM-694 X TOM-658) (*og^{c+}/og^c*) and 232.89 g for the F1 hybrid (NC-2Y X BPX-408B-02 bulk) (*t⁺/t*). A possible negative effect on the mean weight of fruit, *og^c* (homozygous or heterozygous), alone or in combination with *hp⁺/hp* were detected. The average plant height reached 1.79 m, with a magnitude defined by F1 hybrids (TOM-694 X TOM-658) and F1(TOM-660 X BPX-408B-02 bulk), which showed a height of 2.09 m and 1.51 m respectively.

Keywords: Tomato. Total productivity. Early productivity. Average fruit weigh.

1 INTRODUÇÃO

Frutos de tomateiro de cultivares tradicionais possuem vida de prateleira curta, enquanto os frutos das cultivares do tipo longa vida têm uma vida pós-colheita mais prolongada, permanecendo firmes por um maior período de tempo. Por isso, a utilização de cultivares híbridas com maior capacidade natural de conservação em pós-colheita, entre outros atributos de qualidade e produtividade, passaram a ser de grande interesse por parte das empresas de melhoramento e/ou produção de sementes.

Cultivares com maior vida de prateleira podem ser obtidas por meio do uso de alelos mutantes que influenciam o amadurecimento do tomate têm despertado o interesse de vários pesquisadores e melhoristas, servindo para o melhor entendimento dos processos que regulam o amadurecimento (ARAÚJO et al., 2002; BENITES, 2003; CÁ, 2005).

A ocorrência de alelos mutantes como *ripening inhibitor (rin)*, *non ripening (nor)* e *alcobaça (nor^A)* são importantes no melhoramento, pois visam retardar o amadurecimento, aumentar a firmeza e a conservação pós-colheita dos frutos. Outros alelos, como *high pigment (hp)* e *old gold crimson (og^e)* podem ser utilizados em um mesmo genótipo, aliados aos alelos mutantes de amadurecimento, com o objetivo de aumentar a produção de carotenoides nos frutos, dentre estes, o teor de licopeno. No entanto, o emprego de determinados mutantes de amadurecimento, como *rin*, *nor* e *nor^A*, podem prejudicar a coloração dos frutos. Assim, o emprego de mutantes *high pigment (ihp)* e *old gold crimson (og^e)* podem melhorar a coloração do fruto e, conseqüentemente, a elevação do teor de licopeno. Estas características devem estar vinculadas, preferencialmente, a uma maior produtividade de frutos.

Assim, objetivou-se verificar a viabilidade de obtenção de frutos com boa aceitação comercial, com propriedades funcionais e uma vida pós-colheita mais estendida.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de condução do experimento

A pesquisa foi desenvolvida na Estação Experimental da HortiAgro Sementes Ltda., localizada na Fazenda Palmital no município de Ijaci, MG. Os trabalhos foram conduzidos durante os anos de 2009 e 2010, em etapas distintas. No primeiro ano, foram obtidos os híbridos experimentais e, posteriormente, foi instalado e conduzido o experimento de cultivo de híbridos.

As avaliações das características de produtividade de frutos foram realizadas também na Estação Experimental da HortiAgro Sementes Ltda.

2.2 Obtenção e caracterização do material experimental

A semeadura dos genitores masculinos e femininos foi feita em bandejas de isopor de 128 células contendo substrato comercial Plantimax[®]. O transplântio para casa de vegetação ocorreu quando as plântulas atingiram cerca de 10 cm de altura.

Utilizaram-se diferentes genitores masculinos e femininos para a obtenção das diferentes combinações alélicas desejadas, conforme os seguintes híbridos: F1(TOM-694 X TOM-658), F1(TOM-658 X BPX-381G-10-05-03-01 bulk), F1(TOM-694 X TOM-542), F1(TOM-694 X TOM-543), F1(NC-8276 X BPX-408B-02 bulk), F1(TOM-596 X BPX-408B-02 bulk), F1(TOM-617 X BPX-408B-02 bulk), F1(TOM-589 X BPX-408B-02 bulk), F1(TOM-660 X BPX-408B-02 bulk), F1(NC-1Y X BPX-408B-02 bulk) e F1(NC-2Y X BPX-408B-02 bulk). Estes híbridos, juntamente com os híbridos comerciais Bravo Pto, Dominador e Alambra, considerados como testemunhas e as linhagens

TOM-658 e TOM-615, constituíram os 16 tratamentos, conforme caracterizado no Quadro 3.

Os híbridos experimentais foram obtidos por meio de cruzamentos manuais. As flores dos genitores masculinos foram coletadas e, depois de permanecerem sob uma lâmpada à temperatura de cerca de 28 °C, por aproximadamente duas horas, fez-se a coleta do pólen de cada genitor, que foi identificado, guardado em cápsula de gelatina e conservado em geladeira. Os botões florais dos genitores femininos foram emasculados e, posteriormente, polinizados com pólen de cada genitor masculino coletado anteriormente.

Os frutos foram colhidos maduros, sendo suas sementes extraídas manualmente e colocadas para fermentar por 48 horas e, em seguida, lavadas e tratadas com solução de ácido clorídrico e água, na proporção de 1:20, por duas horas, lavadas em água corrente e secas à sombra.

Quadro 3 Caracterização dos tratamentos. UFLA, Lavras, MG, 2012

TRATAMENTOS		CARACTERÍSTICAS
T1	Bravo Pto	saladete, normal, híbrido comercial
T2	TOM-658	saladete, <i>og^c</i> homocigoto, linhagem
T3	F1(TOM-694 X TOM-658)	saladete, <i>og^c</i> heterocigoto, híbrido experimental
T4	F1(TOM-658 X BPX-381G-10-05-03-01 bulk)	saladete, <i>og^c</i> homocigoto, <i>hp</i> heterocigoto, híbrido experimental
T5	F1(TOM-694 X TOM-542)	saladete, <i>og^c</i> heterocigoto, <i>hp</i> heterocigoto, híbrido experimental
T6	F1(TOM-694 X TOM-543)	saladete, <i>og^c</i> heterocigoto, <i>hp</i> heterocigoto, híbrido experimental
T7	Alambra	multilocular, normal, híbrido comercial
T8	Dominador	multilocular, normal, híbrido comercial
T9	F1(NC-8276 X BPX-408B-02 bulk)	multilocular, normal, híbrido experimental
T10	TOM-615	multilocular, <i>og^c</i> homocigoto, linhagem
T11	F1(TOM-596 X BPX-408B-02 bulk)	multilocular, <i>og^c</i> heterocigoto, híbrido experimental
T12	F1(TOM-617 X BPX-408B-02 bulk)	multilocular, <i>og^c</i> heterocigoto, <i>alcobaça</i> heterocigoto, híbrido experimental
T13	F1(TOM-589 X BPX-408B-02 bulk)	multilocular, <i>og^c</i> heterocigoto, <i>hp</i> heterocigoto, <i>alcobaça</i> heterocigoto, híbrido experimental
T14	F1(TOM-660 X BPX-408B-02 bulk)	multilocular, <i>rin</i> heterocigoto, híbrido experimental
T15	F1(NC-1Y X BPX-408B-02 bulk)	multilocular, <i>tangerine</i> heterocigoto, híbrido experimental
T16	F1(NC-2Y X BPX-408B-02 bulk)	multilocular, <i>tangerine</i> heterocigoto, híbrido experimental

T1 a T16 = Tratamentos

2.3 Condução do experimento

O experimento foi conduzido no esquema de delineamento em blocos casualizados, com 16 tratamentos e 3 repetições. As parcelas foram constituídas de uma única fileira contendo dez plantas, sendo todas de hábito indeterminado.

A produção das mudas dos 16 tratamentos foi feita de forma idêntica ao descrito no item 4.2.

O transplântio para o campo foi feito utilizando-se o espaçamento de 0,5 m entre plantas e 1,5 m entre fileiras. O cultivo foi feito em sistema tutorado com estaca e a irrigação foi feita por sistema de gotejamento.

Capinas manuais foram feitas e pulverizações com produtos específicos para a cultura do tomate foram realizadas quando necessário, para o controle de pragas e patógenos.

As adubações de cobertura foram feitas por meio de fertirrigação por gotejamento, seguindo recomendações de Filgueira (2008) para a cultura do tomate cultivado em campo.

2.4 Avaliações – Características de produção

Foram realizadas 13 colheitas durante um período de aproximadamente 60 dias (de 27/07 a 22/09 de 2010).

2.4.1 Produtividade total

A produtividade total foi obtida pelo somatório das massas de todos os frutos colhidos de cada parcela durante as 13 colheitas sucessivas. Os resultados foram expressos em toneladas por hectare ($t.ha^{-1}$).

2.4.2 Produtividade precoce

A produtividade precoce foi obtida pelo somatório das massas de todos os frutos colhidos nas cinco primeiras colheitas e os resultados foram expressos em toneladas por hectare ($t.ha^{-1}$).

2.4.3 Massa média por fruto

A massa média por fruto foi obtida dividindo-se a massa total dos frutos de cada parcela pelo número total de frutos da respectiva parcela, durante as 13 colheitas. Os resultados foram expressos em gramas por fruto (g. fruto^{-1}).

2.4.4 Altura de plantas

A altura de plantas foi obtida medindo-se as 10 plantas de cada parcela, com o auxílio de uma trena e feita a média das mesmas. Os resultados foram expressos em metros (m).

2.5 Análises estatísticas

As análises de variâncias foram realizadas e as médias dos genótipos foram comparadas, pelo teste de Duncan, a 5% de probabilidade, por meio do aplicativo estatístico *Statistical Analysis System* (SAS).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises de variância para as características de produção com os valores dos quadrados médios e as respectivas significâncias, bem como os coeficientes de variação, estão apresentados na Tabela 1b, no Apêndice. Para todas as características avaliadas foram observadas diferenças significativas entre as médias dos tratamentos, discriminadas pelo teste Duncan ($\alpha=0,05$) (Tabela 12).

Tabela 12 Valores médios da produtividade total de frutos (t. ha⁻¹), da produtividade precoce de frutos (t. ha⁻¹), da massa média por fruto (g) e da altura de plantas (m). UFLA, Lavras, MG, 2012

Tratamentos		Produtividade total	Produtividade precoce	Massa média de frutos	Altura de plantas
T1	Bravo Pto	92,68abc	24,22def	105,42f	2,03a
T2	TOM-658	79,53cd	17,35f	110,95f	1,99a
T3	F1(TOM-694 X TOM-658)	77,08cd	29,75cde	91,38f	2,09a
T4	F1(TOM-658 X BPX-381G-10-05-03-01 bulk)	85,83bcd	26,37def	103,68f	1,92ab
T5	F1(TOM-694 X TOM-542)	86,57bcd	40,06abc	108,03f	2,07a
T6	F1(TOM-694 X TOM-543)	84,43bcd	37,80abc	98,34f	1,90ab
T7	Alambra	109,17a	47,89a	151,48e	1,75bc
T8	Dominador	110,23a	40,58abc	149,50e	2,04a
T9	F1(NC-8276 X BPX-408B-02 bulk)	104,75ab	40,42abc	207,91bc	1,62cd
T10	TOM-615	65,50d	21,08ef	150,68e	1,56cd
T11	F1(TOM-596 X BPX-408B-02 bulk)	103,13ab	39,30abc	159,95e	1,63cd
T12	F1(TOM-617 X BPX-408B-02 bulk)	110,88a	32,04bcd	196,22cd	1,61cd
T13	F1(TOM-589 X BPX-408B-02 bulk)	112,03a	33,47bcd	178,25d	1,64cd
T14	F1(TOM-660 X BPX-408B-02 bulk)	95,52abc	47,65a	216,93ab	1,51d
T15	F1(NC-1Y X BPX-408B-02 bulk)	98,00abc	38,29abc	213,59bc	1,57cd
T16	F1(NC-2Y X BPX-408B-02 bulk)	106,25ab	42,02ab	232,89a	1,68cd

Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade

A produtividade média dos genótipos avaliados atingiu 95,11 t.ha⁻¹, com amplitude delimitada pelo híbrido F1(TOM-589 X BPX-408B-02 bulk) (*og^{c+}/ogc*, *hp⁺/hp*, *nor⁺/nor^A*) e pela linhagem TOM-615 (*og^{c+}/og^{c+}*), os quais apresentaram produtividades de 112,03 t.ha⁻¹ e 65,50 t.ha⁻¹, respectivamente (Tabela 12), corroborando os dados de Araújo et al. (2002). Estes autores concluíram que o alelo *alcobaça* em homozigose prolongou a vida pós-colheita, pela redução da perda de peso e aumento da firmeza, porém, reduziu os teores de licopeno e beta-caroteno, de tal forma que sua coloração externa limita sua utilização comercial. Já em heterozigose (*nor⁺/nor^A*), o alelo *alcobaça* não prejudicou a coloração dos frutos, reduziu a perda de peso e aumentou a firmeza, principalmente em associação com os genótipos *hp/hp* e *hp⁺/hp* ou com *og^{c+}/og^{c+}*. Segundo os autores, as interações entre *og^c* e *hp* com o alelo *alcobaça* heterozigoto se revelaram promissoras em manter ou aumentar o número de frutos comerciáveis.

A produtividade total dos genótipos avaliados, com exceção da linhagem TOM-658 e dos híbridos experimentais F1(TOM-694 X TOM-658), F1(TOM-658 X BPX-381G-10-05-03-01 bulk), F1(TOM-694 X TOM-542), F1(TOM-694 X TOM-543), não diferiu estatisticamente do híbrido mais produtivo F1(TOM-589 X BPX-408B-02 bulk) (*og^{c+}/ogc*, *hp⁺/hp*, *nor⁺/nor^A*) e também não diferiu dos híbridos comerciais (Dominador, Alambra e Bravo Pto) (Tabela 12). Isso demonstra a viabilidade do emprego dos mutantes no melhoramento de tomateiro na obtenção de híbridos, uma vez que nenhum efeito desfavorável à produção lhes pode ser atribuído.

Benites (2003) verificou que o uso do genótipo *rin⁺/rin* ou das duplas combinações *nor⁺/nor^A rin⁺/rin* e *nor⁺/nor rin⁺/rin*, em programas de melhoramento para a produção de híbridos de tomate longa vida, torna-se viável, apesar do ligeiro atraso na evolução da coloração interna dos frutos, embora a magnitude deste atraso não chegasse a impedir seu emprego comercial.

A combinação $og^{c+}/og^c hp^+/hp$ contribuiu para aumentar a produtividade total do híbrido nor^+/nor^A (T13). Porém, este híbrido apresentou a menor massa média, sendo maior no híbrido F1(NC-2Y x BPX-408B-02 bulk) (Tabela 12). Resultados semelhantes foram obtidos por Araujo et al. (2002), quanto à produtividade total de frutos. Também, Faria et al. (2003) não verificaram efeito significativo da combinação $og^{c+}/og^c hp^+/hp$ sobre a massa média por fruto em híbrido nor^+/nor^A de *background* FloraDade x Mospomorist.

O genótipo nor^+/nor^A diminuiu significativamente a produtividade precoce de frutos $og^{c+}/og^c hp^+/hp$, o que pode ser comprovado pelo maior período de permanência dos frutos nas plantas (T13). O genótipo nor^+/nor^A e a combinação $nor^+/nor^A og^{c+}/og^c hp^+/hp$ aumentaram significativamente o período de permanência dos frutos nas plantas, quando comparados com o genótipo normal, o que pode ser observado pelos valores de colheita precoce e produtividade total (Tabela 12).

Entre os híbridos experimentais, a produtividade precoce foi maior no híbrido F1(TOM-660 X BPX-408B-02 bulk) (rin^+/rin), pois este não diferenciou do híbrido comercial Alambra, considerado como testemunha (Tabela 12). Diferentemente, Cá et al. (2006) constataram que a presença do mutante (rin^+/rin) tendeu a reduzir a produtividade precoce.

A linhagem TOM-658 (og^c/og^c) em homozigose apresentou a menor produtividade precoce, o que também foi observado por Cá (2005), que verificou que o uso do mutante og^c , tanto em homozigose quanto em heterozigose, proporcionou um atraso na colheita. Isso demonstra um possível efeito desses alelos no sentido de retardar o início do estágio *breaker* e, portanto, prolongar a permanência dos frutos na planta, reduzindo, assim, a colheita precoce.

O gene tangerine (*t*) presente no híbrido F1(NC-2Y X BPX-408B-02 bulk) não afetou a produtividade total e nem a produtividade precoce.

O alelo mutante heterozigoto (og^{c+}/og^c) e homozigoto (og^{c+}/og^{c+}) afetaram a produtividade total e a massa média de frutos, apresentando os menores resultados.

A massa média de frutos variou de 91,38 g, para o híbrido F1(TOM-694 X TOM-658) (og^{c+}/og^c) e 232,89 g, para o híbrido F1(NC-2Y X BPX-408B-02 bulk) (t^+/t), apresentando massa média de frutos de 154,70 g. Souza et al. (2001) obtiveram massa média de frutos de 196 g dos híbridos F1 de tomates do grupo multilocular. As diferenças entre os dados deste trabalho e o de Souza et al. (2001) são explicadas pelos diferentes materiais utilizados nos experimentos. Um possível efeito negativo na massa média de fruto, de og^c (em homozigose ou heterozigose), isoladamente ou em combinações com hp^+/hp , foram detectados, Cá (2005) também demonstrou que a massa média de frutos foi afetada por estes genes.

A altura média das plantas alcançou 1,79 m, com magnitude delimitada pelos híbridos F1(TOM-694 X TOM-658) e F1(TOM-660 X BPX-408B-02 bulk), os quais apresentaram altura de 2,09 m e 1,51 m, respectivamente.

4 CONCLUSÃO

Os alelos mutantes (rin^+/rin) e t não afetam a produtividade total e nem a produtividade precoce de tomate.

O alelo mutante og^c em heterozigose (og^{c+}/og^c) e em homozigose (og^{c+}/og^{c+}) afeta a produtividade total e a massa média de frutos.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. L. de et al. Intra and interlocus interactions between *alcobaça* (*alc*), *crimson* (*og^c*) and *high pigment* (*hp*) loci in tomato *Lycopersicon esculentum* Mill. **Euphytica**, Wageningen, v. 125, n. 2, p. 215-225, Feb. 2002.
- BENITES, F. R. G. **Estudos genético-fisiológicos dos mutantes *alcobaça* (*alc*), *non-ripening* (*nor*) e *ripening inhibitor* (*rin*) em tomateiro**. 2003. 106 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.
- CÁ, J. A. **Obtenção de híbridos de tomate tipo longa vida com maior intensidade de coloração**. 2005. 77 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.
- CÁ, J. A. et al. Híbridos de tomateiro longa-vida com frutos de maior intensidade de coloração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 9, p. 1377-1384, set. 2006.
- FARIA, M. V. et al. Yield and post-harvest quality of tomato hybrids heterozygous at the loci *alcobaça*, *old gold-crimson* or *high pigment*. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 2, n. 3, p. 317-327, Sept. 2003.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa, MG: UFV, 2008. 421 p.
- SOUZA, J. C. et al. Características de produção e conservação pós-colheita de frutos de tomateiros híbridos portadores do alelo '*alcobaça*'. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 2, p. 503-509, mar./abr. 2001.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados no capítulo 2, para meia vida da firmeza e número de dias para a firmeza $2,0 \cdot 10^4 \text{ N.m}^{-2}$, demonstram que os híbridos F1(TOM-694 X TOM-542) e F1(TOM-589 X BPX-408B-02 bulk) apresentam as maiores valores para estas características, confirmando a capacidade desses genótipos de aumentar o período pós-colheita dos frutos de tomate.

O híbrido experimental F1(TOM-589 X BPX-408B-02 bulk) que apresenta alelo mutante para amadurecimento *alcobaça* e para coloração mostra-se promissor, pois apresentou elevada produtividade total. Já o híbrido experimental F1(NC-2Y X BPX-408B-02 bulk) portador do alelo tangerine apresentou o maior valor para massa média de frutos.

Recomenda-se a utilização de genótipos *nor⁺/nor^A* no desenvolvimento de híbridos longa vida, buscando-se, contudo, backgrounds que sofram prejuízos menores sobre a coloração dos frutos, adicionando-se mutantes *ogc⁺/og^c* e *hp⁺/hp*.

APÊNDICES

Tabela 1A Resumo da análise de variância do ensaio de avaliação para qualidade de frutos de 16 genótipos de tomateiro, sendo 6 do tipo saladete e 10 do tipo multilocular: licopeno, beta-caroteno, vitamina C, firmeza, dias para a firmeza 2. UFLA, Lavras, MG, 2012

Fonte de variação	GL	Quadrados médios e significâncias				
		Licopeno ($\mu.100g^{-1}$)	β -caroteno ($\mu.100g^{-1}$)	Vitamina C ($mg.100g^{-1}$)	Meia vida da firmeza (dias)	Número de dias para firmeza $2,0.10^4 N.m^{-2}$ (dias)
Tratamentos	15	19203434,2875**	29869,2520 ^{ns}	295,2423**	12,6492**	10,7471**
Entre tipo saladete	5	4989497,4222 ^{ns}	9912,2222 ^{ns}	425,1611**	12,8454 ^{ns}	13,4068*
Entre tipo multilocular	9	7073860,8185 ^{ns}	31902,7463 ^{ns}	253,5345**	12,9270*	10,4629*
Contraste saladete vs Multilocular	1	199439653,3840**	110066,2565*	21,0199**	9,1688 ^{ns}	0,0068 ^{ns}
Bloco	2	51699828,0625**	69331,8119*	0,4042 ^{ns}	44,2692**	58,1913**
Erro	30	5152050,5292	16569,9083	0,8688	6,3394	3,7565
Média		7765,6875	388,49	55,21	12,11	12,40
CV(%)		29,23	33,13	1,69	20,79	15,63

** , * , ns: significativo a 1% e a 5%, e não significativo, respectivamente, pelo teste F

Tabela 1B Resumo da análise de variância do ensaio de avaliação de 16 genótipos de tomateiro, sendo 6 do tipo saladete e 10 do tipo multilocular: produtividade total, produtividade precoce, massa média de frutos e altura de plantas. UFLA, Lavras, MG, 2012

Fonte de variação	GL	Quadrados médios e significâncias			
		Produtividade total (t.ha ⁻¹)	Produtividade precoce (t.ha ⁻¹)	Massa média de frutos (g)	Altura de plantas (m)
Tratamentos	15	594,9417**	246,6642**	6990,7657**	0,1317**
Entre tipo saladete	5	91,6416 ^{ns}	219,2887**	150,9245 ^{ns}	0,0185 ^{ns}
Entre tipo multilocular	9	571,1441**	187,6622**	3003,1943**	0,0656**
Contraste saladete vs multilocular	1	3325,6206**	914,5640**	77078,0969**	1,2937**
Bloco	2	171,4153 ^{ns}	505,9298**	108,9211 ^{ns}	0,0083 ^{ns}
Erro	30	135,9037	32,4481	116,5632	0,0113
Média dos tratamentos		95,11	34,89	154,70	1,79
CV(%)		12,26	16,32	6,98	5,96

**,* , ns: significativo a 1% e a 5% e não significativo, respectivamente, pelo teste F