



MARISA CARVALHO BOTELHO RIBEIRO

**QUALIDADE DE TOMATES ORGÂNICOS E
CONVENCIONAIS AMADURECIDOS NA
PLANTA E APÓS A COLHEITA**

LAVRAS - MG

2012

MARISA CARVALHO BOTELHO RIBEIRO

**QUALIDADE DE TOMATES ORGÂNICOS E CONVENCIONAIS
AMADURECIDOS NA PLANTA E APÓS A COLHEITA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas

Coorientador

Dr. Luiz Antônio A. Gomes

LAVRAS - MG

2012

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

Ribeiro, Marisa Carvalho Botelho.

Qualidade de tomates orgânicos e convencionais amadurecidos
na planta e após a colheita / Marisa Carvalho Botelho Ribeiro. –
Lavras : UFLA, 2012.

185 p. : il.

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

Orientador: Eduardo Valério de Barros Vilas Boas.

Bibliografia.

1. Amadurecimento. 2. Atividade antioxidante. 3. Firmeza. 4.
Compostos voláteis. 5. Sabor. I. Universidade Federal de Lavras. II.
Título.

CDD – 635.642

MARISA CARVALHO BOTELHO RIBEIRO

**QUALIDADE DE TOMATES ORGÂNICOS E CONVENCIONAIS
AMADURECIDOS NA PLANTA E APÓS A COLHEITA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA 23 de fevereiro de 2012.

Dra. Ana Carla Marques Pinheiro

DCA/UFLA

Dr. Elisângela Elena Nunes Carvalho

UFT

Dr. Ivana Aparecida da Silveira

UNILAVRAS

Dr. Neide Botrel

EMBRAPA CNPH

Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas
Orientador

Dr. Luiz Antônio A. Gomes
Coorientador

LAVRAS - MG

2012

A Deus, autor e senhor da minha vida,

OFEREÇO.

Aos meus pais Matheus e Noêmia,
ao meu esposo, Raphael
e a minha filha Mariana,

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas grandiosas vitórias e conquistas alcançadas em minha vida profissional.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Ciência dos Alimentos pela oportunidade de realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas pela oportunidade de me desenvolver profissionalmente, por sua valiosa orientação em todas as etapas deste trabalho, pela amizade, confiança e estímulo sempre demonstrados.

Ao Prof. Dr. Luiz Antônio A. Gomes pela fundamental contribuição na realização deste trabalho.

A todos os professores do Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA/UFLA) pela experiência profissional e ensinamentos transmitidos.

Aos colegas do Laboratório de Pós-colheita, que agora distantes, pelas amizades conquistadas, apoio, agradável convivência durante esses anos, tornando a pós-graduação muito mais divertida e prazerosa. Muitas saudades!

À Heloísa pela amizade, disponibilidade e essencial colaboração na execução deste trabalho.

As minhas grandes “amigas irmãs” e companheiras de todas as horas Suzana e Sheila, obrigada pelo apoio e amizade sincera e verdadeira.

Aos amigos e colegas de trabalho do IFF - Bom Jesus, em especial ao grupo da agroindústria, pela amizade, apoio e compreensão nas etapas finais desta tese.

Enfim, a todos que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO GERAL

Avaliou-se neste trabalho parâmetros relacionados à firmeza, sabor, coloração e atividade antioxidante de tomates (*L. esculentum* Mill) orgânicos e convencionais amadurecidos na planta e após a colheita. Foram utilizadas cinco cultivares de tomate, cultivados organicamente e convencionalmente sob as mesmas condições em sistema protegido. Os frutos foram analisados quando maduros (mais de 90% da superfície vermelha), considerando-se o amadurecimento na planta e após a colheita. Os tomates amadurecidos após a colheita foram colhidos no estágio verde maduro e armazenados por cerca de três dias à temperatura ambiente até atingirem o estágio de maturação vermelho maduro. Foram realizadas as seguintes análises: firmeza, pectina total e solúvel, atividade enzimática da poligalacturonase (PG) e pectinametilesterase (PME), pH, acidez titulável, sólidos solúveis totais, açúcares solúveis totais, perfil de compostos voláteis, análise sensorial, pigmentos (beta-caroteno, licopeno e clorofila), compostos fenólicos, coloração (valores L*,a* e b*), atividade antioxidante *in vitro* e vitamina C. Os resultados encontrados apontam diferenças em algumas variáveis analisadas quanto ao sistema de cultivo e tipo de amadurecimento, entretanto essas diferenças variam de acordo com as cultivares. A firmeza do fruto e as variáveis associadas não são influenciadas sistematicamente e consistentemente pelo sistema de cultivo do vegetal e amadurecimento. Entretanto os tomates amadurecidos na planta apresentaram maior firmeza em comparação aos que completaram o amadurecimento após a colheita. Além disso, os frutos que completaram o amadurecimento na planta apresentam maior teor de açúcares solúveis totais, maior acidez, maior teor de fenólicos, licopeno e β -caroteno, e maiores valores a* e b*. Os tomates orgânicos apresentam algumas diferenças relacionadas ao sabor, como menor acidez e maior teor de açúcares solúveis totais. Entretanto, essa diferença não foi estatisticamente constatada pelos julgadores na análise sensorial. Não houve diferenças estatísticas relevantes, considerando o número de cultivares, entre os sistemas de cultivo quanto ao teor de fenólicos, vitamina C, clorofila, valor L* e b*. Na variável valor a* foi constatada semelhança estatística entre os frutos orgânicos e convencionais. Os tomates orgânicos apresentaram atividade antioxidante mais elevada quando amadureceram na planta e apresentaram maior teor de β -caroteno quando amadurecidos após a colheita. Os compostos voláteis diferiram entre sistemas de cultivo e amadurecimento, de forma não sistemática.

Palavras-chave: Amadurecimento. Atividade antioxidante. Firmeza. Compostos voláteis. Sabor.

GENERAL ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate parameters related to the firmness, flavor, color and antioxidant activity of tomatoes (*L. esculentum* Mill), organic and conventional, ripened in the plant and in the post-harvest. Were used five tomato cultivars, organic and conventional, grown under the same conditions in protecting system. The fruits were analyzed when mature (more than 90% of the surface red), considering the ripening in the plant and in the post-harvest. Tomatoes ripened in the post-harvest were harvested at mature green stage and stored for about three days at ambient temperature until reach the stage of maturity mature red. The following analyses were performed: firmness, total and soluble pectin, enzymatic activity of polygalacturonase (PG) and pectinmethyl-esterase (PME), pH, titratable acidity, total soluble solids, total soluble sugars, volatile composite profile, sensorial analysis, phenolic, pigments (beta-carotene, lycopene and chlorophyll), color (values L*, a* and b*), *in vitro* antioxidant activity and vitamin C. The results show differences in some variables analyzed for the system of culture and type of ripeness, but these differences vary according to the cultivars. The firmness of the fruit and variables associate are not consistently influenced by the system of vegetable culture and ripening. However, the tomatoes ripened in the plant presented higher firmness than the tomatoes ripened in the post-harvest. Moreover, the fruits that ripening in the plant show higher total soluble sugars, β -carotene, phenolics, acidity, lycopene, values a* and b*. The organic tomatoes presented some differences related to the flavor, lower acidity and higher levels of total soluble sugars. But, this difference was not statistically evidenced by the judges in the sensorial analysis. There were no significant statistical differences, considering the number of cultivars among the cropping systems on the levels of phenolics, vitamin C, chlorophyll, and L* and b* value. In the variable value a* was evidenced similarity statistics between the organic and conventional fruits. The organic tomatoes show higher antioxidant activity when ripened in the plant and higher β -carotene levels when ripened in the post-harvest. The volatile compounds differ between system of culture and type of ripeness on a non-systematic way.

Keywords: Ripening. Antioxidant activity. Firmness. Volatile compounds. Flavor.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1	Selo SisOrg para produtos orgânicos no Brasil.....	38
----------	--	----

CAPÍTULO 5

Figura 1	Gráfico <i>biplot</i> PC1 x PC2 dos <i>loadings</i> e <i>scores</i> para tomates da cultivar Bônus orgânicos e convencionais amadurecidos na planta e após a colheita em relação às diferentes porcentagens de área dos compostos voláteis identificados.....	157
Figura 2	Dendograma das quatro amostras de tomate tomates da cultivar Bônus orgânicos e convencionais amadurecidos na planta e após a colheita em relação às diferentes porcentagens de área dos compostos voláteis identificados.....	158
Figura 3	Gráfico <i>biplot</i> PC1 x PC2 dos <i>loadings</i> e <i>scores</i> para tomates da cultivar Débora orgânicos e convencionais amadurecidos na planta e após a colheita em relação às diferentes porcentagens de área dos compostos voláteis identificados.....	160
Figura 4	Dendograma das quatro amostras de tomates da cultivar Débora orgânicos e convencionais amadurecidos na planta e após a colheita em relação às diferentes porcentagens de área dos compostos voláteis identificados.....	161
Figura 5	Gráfico <i>biplot</i> PC1 x PC2 dos <i>loadings</i> e <i>scores</i> para tomates da cultivar Kada orgânicos e convencionais amadurecidos na planta e após a colheita em relação às diferentes porcentagens de área dos compostos voláteis identificados	163

Figura 6	Dendograma das quatro amostras de tomate tomates da cultivar Kada orgânicos e convencionais amadurecidos na planta e após a colheita em relação às diferentes porcentagens de área dos compostos voláteis identificados.....	164
Figura 7	Gráfico <i>biplot</i> PC1 x PC2 dos <i>loadings</i> e <i>scores</i> para tomates da cultivar Kombat orgânicos e convencionais amadurecidos na planta e após a colheita em relação às diferentes porcentagens de área dos compostos voláteis identificados.....	165
Figura 8	Dendograma das quatro amostras de tomate tomates da cultivar Kombat orgânicos e convencionais amadurecidos na planta e após a colheita em relação às diferentes porcentagens de área dos compostos voláteis identificados.....	166
Figura 9	Gráfico <i>biplot</i> PC1 x PC2 dos <i>loadings</i> e <i>scores</i> para tomates da cultivar Santa Clara orgânicos e convencionais amadurecidos na planta e após a colheita em relação às diferentes porcentagens de área dos compostos voláteis identificados.....	167
Figura 10	Dendograma das quatro amostras de tomate tomates da cultivar Santa Clara orgânicos e convencionais amadurecidos na planta e após a colheita em relação às diferentes porcentagens de área dos compostos voláteis identificados.....	168
Figura 11	Gráfico <i>biplot</i> PC1 x PC2 dos <i>loadings</i> e <i>scores</i> para tomates das cultivares Bônus, Débora, Kada, Kombat e Santa Clara orgânicos e convencionais amadurecidos na planta e após a colheita em relação às diferentes porcentagens de área dos compostos voláteis identificados.....	170

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1	Atributos de qualidade para frutas e hortaliças	26
----------	---	----

CAPÍTULO 2

Tabela 1	Atividade enzimática média da pectinametilsterase (\square mol de ácido galacturônico g^{-1} de polpa $^{-1}$ minuto) em cinco cultivares de tomates sob sistemas de cultivo convencional e orgânico, amadurecidos na planta e após a colheita.....	64
Tabela 2	Atividade enzimática média da poligalacturonase (\square mol de ácido galacturônico g^{-1} de polpa $^{-1}$ minuto) em cinco cultivares de tomates sob sistemas de cultivo convencional e orgânico, amadurecidos na planta e após a colheita.....	65
Tabela 3	Teor médio de pectina total (mg de ácido galacturônico. g^{-1} de polpa de tomate) em cinco cultivares de tomates sob sistemas de cultivo convencional e orgânico, amadurecidos na planta e após a colheita	67
Tabela 4	Teor médio de pectina solúvel (mg de ácido galacturônico. g^{-1} de polpa de tomate) em cinco cultivares de tomates sob sistemas de cultivo convencional e orgânico, amadurecidos na planta e após a colheita	68
Tabela 5	Solubilização péctica (%) em cinco cultivares de tomates sob sistemas de cultivo convencional e orgânico, amadurecidos na planta e após a colheita.....	69
Tabela 6	Valor médio de firmeza (kgF) em cinco cultivares de tomates amadurecidos na planta e após a colheita.....	72

CAPÍTULO 3

Tabela 1	Teor de fenólicos (mg. 100 g ⁻¹) em cinco cultivares de tomates sob sistemas de cultivo convencional e orgânico, amadurecidos na planta e após a colheita.....	90
Tabela 2	Vitamina C (mg.100 g ⁻¹) em cinco cultivares de tomates sob sistemas de cultivo convencional e orgânico, amadurecidos na planta e após a colheita.....	92
Tabela 3	Atividade antioxidante (g fruto ⁻¹ .g de DPPH) em cinco cultivares de tomates sob sistemas de cultivo convencional e orgânico, amadurecidos na planta e após a colheita.....	94
Tabela 4	Teor de licopeno (mg. 100 g ⁻¹) em cinco cultivares de tomates sob sistemas de cultivo convencional e orgânico, amadurecidos na planta e após a colheita.....	97
Tabela 5	Teor de β-caroteno (mg. 100 g ⁻¹) em cinco cultivares de tomates sob sistemas convencional e orgânico, amadurecidos na planta e após a colheita.....	98
Tabela 6	Teor de clorofila (mg. 100 g ⁻¹) em cinco cultivares de tomates sob sistemas convencional e orgânico, amadurecidos na planta e após a colheita.....	100
Tabela 7	Valor L* em cinco cultivares de tomates amadurecidos na planta e após a colheita.....	102
Tabela 8	Valor L* em cinco cultivares de tomates orgânicos e convencionais.....	103
Tabela 9	Valor a* em cinco cultivares de tomates.....	104
Tabela 10	Valor a* em tomates amadurecidos na planta e após a colheita.....	104
Tabela 11	Valor b* em cinco cultivares de tomates sob sistema de cultivo convencional e orgânico, amadurecidos na planta e após a colheita.....	106

CAPÍTULO 4

Tabela 1	Valores médios de sólidos solúveis (°Brix) em cinco cultivares de tomates sob sistemas de cultivo convencional e orgânico maduros na planta e fora da planta.....	123
Tabela 2	Teor médio de açúcares solúveis totais (g de glicose. g ⁻¹ de fruto) em cinco cultivares de tomates sob sistemas de cultivo convencional e orgânico maduros na planta e fora da planta.....	125
Tabela 3	Valores médios de pH e AT em tomates maduros na planta e após a colheita.....	126
Tabela 4	Valores médios de pH e AT em tomates orgânicos e convencionais.....	127
Tabela 5	Análise sensorial de cinco cultivares de tomates orgânicos e convencionais amadurecidos na planta.....	129

CAPÍTULO 5

Tabela 1	Compostos voláteis, Índice de Kovats e respectiva porcentagem de área em tomates da cultivar Bônus cultivados em sistema orgânico e convencional, amadurecidos na planta e após a colheita.....	146
Tabela 2	Compostos voláteis, Índice de Kovats e respectiva porcentagem de área em tomates da cultivar Débora, cultivados em sistema orgânico e convencional, amadurecidos na planta e após a colheita.....	148
Tabela 3	Compostos voláteis, Índice de Kovats e respectiva porcentagem de área em tomates da cultivar Kada cultivados em sistema orgânico e convencional, amadurecidos na planta e após a colheita.....	150

Tabela 4	Compostos voláteis, Índice de Kovats e respectiva porcentagem de área em tomates da cultivar Kombat cultivados em sistema orgânico e convencional, amadurecidos na planta e após a colheita	152
Tabela 5	Compostos voláteis, Índice de Kovats e respectiva porcentagem de área em tomates da cultivar Santa Clara cultivados em sistema orgânico e convencional, amadurecidos na planta e após a colheita	154

APÊNDICE A

Tabela 1	Análise de variância para PME de tomates de cinco cultivares orgânicos e convencionais, com amadurecimento na planta e após a colheita	175
Tabela 2	Análise de variância para PG de tomates de cinco cultivares orgânicos e convencionais, com amadurecimento na planta e após a colheita	175
Tabela 3	Análise de variância para pectina total de tomates de cinco cultivares orgânicos e convencionais, com amadurecimento na planta e após a colheita.....	176
Tabela 4	Análise de variância para pectina solúvel de tomates de cinco cultivares orgânicos e convencionais, com amadurecimento na planta e após a colheita.....	176
Tabela 5	Análise de variância para firmeza de tomates de cinco cultivares orgânicos e convencionais, com amadurecimento na planta e após a colheita	177
Tabela 6	Análise de variância para AST de tomates de cinco cultivares orgânicos e convencionais, com amadurecimento na planta e após a colheita	177

Tabela 7	Análise de variância para pH de tomates de cinco cultivares orgânicos e convencionais, com amadurecimento na planta e após a colheita	178
Tabela 8	Análise de variância para AT de tomates de cinco cultivares orgânicos e convencionais, com amadurecimento na planta e após a colheita	178
Tabela 9	Análise de variância para SS de tomates de cinco cultivares orgânicos e convencionais, com amadurecimento na planta e após a colheita	179
Tabela 10	Análise de variância para taninos de tomates de cinco cultivares orgânicos e convencionais, com amadurecimento na planta e após a colheita	179
Tabela 11	Análise de variância para vitamina C de tomates de cinco cultivares orgânicos e convencionais, com amadurecimento na planta e após a colheita.....	180
Tabela 12	Análise de variância para antioxidante de tomates de cinco cultivares orgânicos e convencionais, com amadurecimento na planta e após a colheita.....	180
Tabela 13	Análise de variância para licopeno de tomates de cinco cultivares orgânicos e convencionais, com amadurecimento na planta e após a colheita	181
Tabela 14	Análise de variância para beta-caroteno de tomates de cinco cultivares orgânicos e convencionais, com amadurecimento na planta e após a colheita.....	181
Tabela 15	Análise de variância para clorofila de tomates de cinco cultivares orgânicos e convencionais, com amadurecimento na planta e após a colheita	182

Tabela 16	Análise de variância para valor L* de tomates de cinco cultivares orgânicos e convencionais, com amadurecimento na planta e após a colheita	182
Tabela 17	Análise de variância para valor a* de tomates de cinco cultivares orgânicos e convencionais, com amadurecimento na planta e após a colheita	183
Tabela 18	Análise de variância para valor b* de tomates de cinco cultivares orgânicos e convencionais, com amadurecimento na planta e após a colheita	183

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1 Introdução geral	18
1	INTRODUÇÃO	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1	Tomate	20
2.1.1	Classificação	21
2.1.2	Cultivares	22
2.1.3	Composição	23
2.2	Qualidade	24
2.2.1	Flavor	27
2.2.2	Firmeza	29
2.2.3	Coloração	29
2.3	Atividade antioxidante	31
2.3.1	Carotenoides, Licopeno e Vitamina C	34
2.4	Cultura orgânica e convencional	36
2.4.1	Tomate orgânico	42
	REFERÊNCIAS	44
	CAPÍTULO 2 Firmeza de tomates orgânicos e convencionais amadurecidos na planta e após a colheita	51
1	INTRODUÇÃO	53
2	MATERIAL E MÉTODOS	57
2.1	Amostras	57
2.2	Análises	59
2.3	Delineamento experimental e análise estatística	60
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
4	CONCLUSÃO	74
	REFERÊNCIAS	75
	CAPÍTULO 3 Coloração e atividade antioxidante <i>in vitro</i> de tomates orgânicos e convencionais amadurecidos na planta e após a colheita	78
1	INTRODUÇÃO	80
2	MATERIAL E MÉTODOS	83
2.1	Amostras utilizadas	83
2.2	Análises	85
2.3	Delineamento experimental e análise estatística	88

3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	89
4	CONCLUSÃO	107
	REFERÊNCIAS	108
	CAPÍTULO 4 Sabor de tomates orgânicos e convencionais amadurecidos na planta e após a colheita	112
1	INTRODUÇÃO	114
2	METODOLOGIA	117
2.1	Amostras utilizadas	117
2.2	Análises físicas e químicas	119
2.3	Delineamento experimental e análise estatística	120
2.4	Análise Sensorial	121
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	122
4	CONCLUSÃO	130
	REFERÊNCIAS	131
	CAPÍTULO 5 Perfil volátil de tomates orgânicos e convencionais amadurecidos na planta e após a colheita	134
1	INTRODUÇÃO	136
2	METODOLOGIA	139
2.1	Amostras utilizadas	139
2.2	Análise de compostos voláteis	141
2.3	Análise de componentes principais (PCA) e análise de componentes hierárquicos (HCA)	143
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	144
4	CONCLUSÃO	171
	REFERÊNCIAS	172
	APÊNDICES	175
	ANEXO	185

CAPÍTULO 1 Introdução geral

1 INTRODUÇÃO

O tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) é amplamente cultivado em todo mundo. Possui grande representatividade no mercado nacional, destacando-se o Brasil entre os dez maiores países produtores.

A produção mundial de tomate duplicou nos últimos 20 anos. Um dos principais fatores para a expansão da cultura é o crescimento do consumo, recentemente, essa demanda foi reforçada pela busca de alimentos mais saudáveis, favorecendo também o crescimento da venda do produto fresco e orgânico.

Apesar do tomate fazer parte diariamente da alimentação do brasileiro, seja na forma *in natura* ou industrializada, ainda pouco se conhece sobre a qualidade das diferentes variedades cultivadas, assim como são escassas e controversas as referências sobre a qualidade do tomate orgânico. Dentre as hortaliças cultivadas em sistema orgânico no país, o tomate constitui excelente oportunidade de negócio e grande desafio para os produtores.

Os alimentos orgânicos, inicialmente consumidos por uma pequena parcela da população, atualmente têm conquistado espaço no mercado consumidor. Há uma tendência de aumento nesse consumo, ante a taxa de crescimento de 30% ao ano, expansão que se vê nas gôndolas dos mercados e na proliferação de feiras livres.

Pesquisas mostram que consumidores citam a preocupação com a saúde como principal motivação para consumir alimentos orgânicos, e a ausência de agrotóxicos é apontada como principal atributo desses alimentos (CARVALHO; PAGLIUCA, 2007).

Além desses fatores, outro sinal da importância desses alimentos no Brasil é a iniciativa do governo federal de regulamentá-los. Desde janeiro de 2011, os produtos orgânicos devem ser certificados por uma empresa ou entidade credenciada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Apesar desses fatores, a diferença na qualidade de produtos orgânicos e convencionais, ainda é controversa. Alguns trabalhos foram conduzidos para estudar a diferença entre alimentos cultivados no sistema orgânico e convencional, contudo ainda há divergência e a maioria dos estudos não envolvem as mesmas condições de cultivo.

Diante disso o objetivo deste trabalho foi avaliar e comparar a qualidade pós-colheita de tomates orgânicos e convencionais, cultivados em sistema protegido sob as mesmas condições de clima e solo, amadurecidos na planta e após a colheita. Como objetivos específicos foram avaliados os parâmetros relacionados à firmeza, qualidade nutricional, coloração, sabor, atividade antioxidante, perfil volátil e qualidade sensorial.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Tomate

O tomate, denominado botanicamente *Lycopersicon esculentum Mill*, pertence à família das solanáceas, é originário da América do Sul e cultivado em quase todo o mundo (DAVIES; HOBSON, 1981). O tomate é classificado como baga com dois, três ou vários lóculos, podendo alcançar entre 5 e 500 gramas cada fruto. No momento em que ocorre a fecundação, o fruto entra em crescimento, sendo que são necessárias, após a fecundação do óvulo, de 7 a 9 semanas para que o fruto seja considerado maduro. Em condições de temperaturas elevadas e boa luminosidade, da antese ao início da maturação são necessárias 6 a 7 semanas. Geralmente, faz-se a colheita no início da maturação, quando os frutos começam a mudar de cor, completando a maturação pós-colheita. Isso porque, o tomate é classificado como fruto climatérico, ou seja, ocorre um aumento na produção de etileno e taxa respiratória no início da maturação, sendo o etileno o hormônio que estimula as alterações no amadurecimento (ALVARENGA, 2004; CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A produção mundial de tomate duplicou nos últimos 20 anos. Um dos principais fatores para a expansão da cultura é o crescimento do consumo. A cultura do tomate desempenha importante papel na economia nacional, sendo um dos principais produtos olerícolas. O Brasil se destaca entre os dez maiores países produtores, alcançando em 2010 uma produção 3,7 milhões de toneladas (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2011).

Recentemente, a demanda por tomate foi reforçada pela busca de alimentos mais saudáveis, favorecendo também o crescimento da venda do produto fresco e orgânico. Consumidores citam a preocupação com a saúde

como principal motivação para consumir alimentos orgânicos, e a ausência de agrotóxicos é apontada como principal atributo desses alimentos (CARVALHO; PAGLIUCA, 2007).

2.1.1 Classificação

Os tomates podem ser identificados, primeiramente, pelo formato, o qual pode estar relacionado à sua finalidade de uso, de acordo com a classificação (CARVALHO; PAGLIUCA, 2007).

Grupo Santa Cruz – formato oblongo, uso tradicional na culinária em molhos e saladas;

Grupo Caqui – redondo; uso em saladas e lanches;

Grupo Saladete – redondo; uso em saladas;

Grupo Italiano – oblongo tipicamente alongado; uso em molhos e saladas;

Grupo Cereja – redondo ou oblongo com tamanho reduzido; uso em aperitivos, saladas, etc.

Normalmente, os consumidores relacionam os tomates com a coloração vermelha, mas com o aparecimento de novas variedades. Entretanto, os tomates de coloração laranja e amarela não são comuns no Brasil. Quando os tomates vermelhos são submetidos a altas temperaturas os frutos podem demonstrar coloração amarela, a qual é uma característica encontrada facilmente nos meses mais quentes do ano, principalmente no Norte e Nordeste (CARVALHO; PAGLIUCA, 2007).

De acordo com a Portaria nº 553/95 do MAPA (BRASIL, 1995) e Anexo XVII da Portaria SARC nº 085/02 do MAPA (BRASIL, 2002), o estágio de maturação, classifica o tomate de coloração vermelha, em cinco subgrupos: verde maduro, pintado, rosado, vermelho e vermelho maduro. Verde maduro:

quando se evidencia o início do amarelecimento na região apical do fruto; pintado quando as cores amarelo, rosa ou vermelho encontram-se entre 10% a 30% da superfície do fruto; rosado: quando 30% a 60% do fruto encontra-se vermelho; vermelho: quando o fruto apresenta entre 60% e 90% da sua superfície vermelha; e vermelho maduro: quando mais de 90% da superfície do fruto encontra-se vermelha.

A classificação em grupo de durabilidade está relacionada à vida pós-colheita ou vida útil do tomate em condições normais de conservação e esse grupo apresenta-se como (CARVALHO; PAGLIUCA, 2007):

Longa vida: denominação utilizada para os tomates de cultivares que possuem uma vida pós-colheita mais prolongada, permanecendo firmes, por um período maior de tempo, utilizado para transporte em longas distâncias.

Normal: possuem menor vida-útil, mas, em geral são mais saborosos que os tomates longa vida.

2.1.2 Cultivares

No mercado brasileiro encontram-se diferentes cultivares com diversas características, de modo que possam atender a demanda de consumo de mesa ou industrialização. As cultivares de tomate mais indicadas para o processamento industrial, são as híbridas, por reunirem características de coloração atrativa, uniformidade no amadurecimento, maior teor de sólidos solúveis (°Brix), melhor firmeza, acidez total e pH que favorecem o processamento térmico (GIORDANO et al., 2000).

As mutações espontâneas da espécie *Lycopersicum esculentum* têm sido muito utilizadas pelos melhoristas, como fonte de variabilidade genética com o objetivo de produzir tomates que apresentem maior resistência ao manuseio pós-colheita (GIORDANO et al., 2000), dentre elas:

Bônus - hábito de crescimento indeterminado, bom vigor, precocidade e excelente pegamento de frutos. Apresenta frutos firmes, excelente coloração e boas características pós-colheita. Primeira cultivar comercial com tolerância ao vírus do vira-cabeça (Tospovírus) no Brasil. Devido a esta tolerância, apresenta alta sanidade, podendo ser cultivado o ano todo.

Santa Clara – polinização cruzada, crescimento indeterminado, muito vigoroso e excelente cobertura foliar. Frutos grandes, firmes e uniformes, com formato redondo quadrado. Coloração vermelha intensa e sem ombro verde. Resistente a rachadura dos frutos.

Santa Cruz Kada – cultivar do tipo 'Santa Cruz', de crescimento indeterminado e plantas vigorosas. Seus frutos são grandes, pesando entre 130 e 150g. Possui boa tolerância a rachadura e ao fundo preto.

Kombat – cultivar do híbrido tipo 'Santa Cruz', apresenta crescimento indeterminado. Também apresenta excelente cobertura foliar, proporcionando ótima proteção aos frutos. Frutos tipo 'Longa Vida Estrutural', com peso entre 160 e 180g, formato arredondado e coloração vermelho intenso. Tolerante a rachaduras e ao fundo preto. Resistentes ao *Fusarium* (raças 1 e 2), *Verticillium* e Nematoides.

Débora – possui resistência genética a inúmeras doenças incorporadas durante o processo de melhoramento.

2.1.3 Composição

Segundo Carvalho e Pagliuca (2007), a composição do tomate varia de acordo com a cultivar e condições de cultivo. Em geral, o fruto é considerado fonte de cálcio e vitamina C, apresentando baixo valor calórico e de matéria seca. De acordo com a Tabela 1, o tomate apresenta em média 95,1% de umidade. De acordo com Giordano et al. (2000), nos 5 a 7% restantes da

composição do tomate, encontram-se compostos inorgânicos, ácidos orgânicos (cítrico, málico e ascórbico), açúcares, fibra insolúvel (celulose) e solúvel (pectina), vitaminas do complexo B (tiamina – B1, riboflavina – B2, ácido pantotênico – B3), minerais (Ca, K, Mg e P), licopeno – pigmento responsável pela coloração vermelha. Cem gramas do fruto fornecem 15 Kcal, 7 mg de cálcio e 21,2 mg de vitamina C. Os açúcares compõem 65% dos sólidos solúveis totais.

A presença de concentrações adequadas de açúcares solúveis e ácidos orgânicos determina o desenvolvimento do sabor do fruto e afeta diretamente a qualidade do produto. As cultivares comerciais do tomate têm entre 1,5 e 4,5% de açúcares na matéria fresca (HOBSON; DAVIES, 1971). Os açúcares solúveis presentes em frutos maduros são principalmente os redutores e estes aumentam progressivamente durante o desenvolvimento e amadurecimento do fruto (HOBSON; DAVIES, 1971).

O teor de sólidos solúveis, além de ser determinado geneticamente em cada cultivar, é influenciado pela adubação, temperatura e irrigação. Quanto maior os teores de sólidos solúveis (°Brix), maior rendimento industrial e menor gasto de energia no processo de concentração da polpa. Entretanto, existem cultivares que possuem maior potencial genético, as quais podem apresentar, em determinadas condições valores próximos de 6,0 °Brix (SILVA; GIORDANO, 2000).

2.2 Qualidade

O termo qualidade é um conceito abrangente e subjetivo, podendo assumir diversificadas definições. A qualidade não é um atributo único, bem definido, mas sim um conjunto de características peculiares de cada produto, a qual envolve propriedades sensoriais (aparência, textura, sabor e aroma), valor

nutritivo e ausência ou presença de defeitos no produto (CHITARRA; CHITARRA, 2005; VILAS-BOAS, 2006).

Um alimento de qualidade é aquele que, de maneira consistente, atende às necessidades do consumidor em termos de conveniência, de propriedades funcionais, nutritivas e de higiene; e que respeita a legislação pertinente e informa o consumidor quanto aos cuidados e modos de preservação, de preparo e ingestão (LIMA FILHO et al., 2003).

A qualidade dos alimentos pode ser definida como “um conjunto de características que diferenciam componentes individuais de um mesmo produto e que têm significância na determinação do grau de aceitação desse produto pelo consumidor” (CHITARRA; CHITARRA, 2005, p. 541-542). Os mesmos autores ainda definem qualidade como “grau de excelência baseado num número de atributos do produto que basicamente determinam um nível de conveniência para uso concreto e predeterminado”.

A qualidade de um produto apresenta duas características. A primeira refere-se aos parâmetros e exigências de qualidade intrínsecas aos produtos, que de alguma forma podem prejudicar o consumidor. Os parâmetros intrínsecos de qualidade, na maioria das vezes, encontram-se sob regulamentações oficiais normatizadas. Outra característica do produto refere-se à importância dos padrões de qualidade de apresentação, para a decisão de compra do produto (LIMA FILHO et al., 2003).

Referindo-se a qualidade ótima dos vegetais, pode-se dizer que esta é atingida num determinado grau de amadurecimento ou desenvolvimento, em que a combinação de atributos físicos e componentes químicos apresentam o máximo de aceitação pelo consumidor (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

As características de qualidade de produtos hortícolas podem ser expressas pela integridade, frescor, “*flavor*” e textura, características combinadas com outras propriedades físicas, químicas ou estéticas, visando

relacionar a composição química com os atributos sensoriais e nutricionais (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Esses atributos devem satisfazer à exigência do consumidor, onde a coordenada e harmônica reunião desses atributos caracteriza a qualidade dos alimentos. O comprometimento, de qualquer um desses atributos, afeta diretamente a qualidade e, conseqüentemente, o valor comercial do alimento (VILAS-BOAS, 2006). Os atributos de qualidade são agrupados em categorias, devendo ser considerados em conjunto (Tabela 1).

As preocupações com a qualidade para o consumidor estão mais relacionadas com a segurança do alimento e com a saúde. Com isso os consumidores acabam atribuindo qualidade a produtos já experimentados. As características dessa categoria de definição de qualidade são chamadas de qualidade de crença e estão se tornando cada vez mais importante para o consumidor (BAKER, 1998).

Tabela 1 Atributos de qualidade para frutas e hortaliças

Atributos	Componentes
Sensoriais	
Aparência	Tamanho: dimensões, peso, volume Forma: diâmetros Cor: intensidade, uniformidade Brilho Defeitos: externos e internos
Textura	Firmeza, dureza, maciez, succulência, etc.
“ <i>Flavor</i> ” (sabor e aroma)	Doçura, acidez, adstringência, amargor, aroma (voláteis), etc.
Rendimento	Relação entre casca: polpa: caroço Volume de suco, número de sementes Índice tecnológico (suco: sólidos solúveis)
Valor nutritivo	Grupos de nutrientes
Segurança	Substâncias tóxicas naturais, contaminantes e microrganismos

Fonte: Chitarra e Chitarra (2005)

Segundo Ferreira et al. (2000), o conceito de qualidade do tomate se refere àqueles atributos que o consumidor consciente ou inconscientemente estima que o produto deve possuir. Porém, é necessário ampliar esse conceito de qualidade e aplicá-lo não só ao consumidor, mas também a todos que participam da cadeia produtiva, isto é, desde o cultivo até o consumo.

Um importante fator de qualidade do tomate é o estado fisiológico, que está relacionado com o estágio de maturação do fruto, pois é ele que define o ponto de colheita. A cor do fruto sugere as mudanças de sabor, textura e aroma, decorrentes do processo de maturação (SILVA; GIORDANO, 2000).

2.2.1 Flavor

Além do valor nutricional, aparência externa e sabor, o aroma tem se tornado componente importante para os consumidores de vegetais. Juntamente com os ácidos e açúcares, os compostos voláteis contribuem para o sabor do tomate. Embora cerca de 400 compostos tenham sido identificados como constituintes voláteis de tomate e de seus produtos, apenas um número limitado é essencial para o seu sabor (KRUMBEIN; PETERS; BRÜCKNER, 2004).

O “*flavor*” dos frutos do tomateiro está intimamente ligado aos ácidos orgânicos, açúcares e compostos voláteis (BALDWIN et al., 2000; MARCONI; FLORIDI; MONTANARI, 2000).

Os compostos orgânicos voláteis são sintetizados a partir de vários precursores incluindo aminoácidos, lipídios e carotenoides, porém enquanto algumas das vias de síntese são conhecidas, para a maioria dos compostos voláteis há carência de embasamentos científicos (TIEMAN et al., 2006). Alguns estudos sugerem que diferentes padrões de pigmentação em tomate, levam a diferentes grupos de compostos voláteis influenciando diretamente as propriedades aromáticas e o sabor dos frutos (LEWINSOHN et al., 2005).

Para Rodriguez-Amaya (2003), muitos caminhos levam à formação de voláteis que conferem o aroma/sabor típico dos alimentos. Alguns envolvem a biossíntese, mas a maioria das reações é de clivagem/fragmentação de precursores não voláteis. Alguns se formam no alimento intacto devido ao metabolismo, outros se formam quando os tecidos são rompidos, liberando enzimas.

Alguns estudos sugerem que diferentes padrões de pigmentação em tomate levam a diferentes grupos de compostos voláteis, influenciando diretamente as propriedades aromáticas e o sabor dos frutos (LEWINSOHN et al., 2005).

A percepção do sabor se dá através da combinação de odor, gosto e sensações táteis, e depende fortemente do equilíbrio entre açúcares, ácidos orgânicos, compostos voláteis e aminoácidos livres (OMS-OLIU et al., 2011).

O sabor característico do tomate representa uma complexa interação entre compostos voláteis e não voláteis. Algumas pesquisas têm sido conduzidas relacionadas à importância dos compostos voláteis no sabor do tomate (ABEGAZ et al., 2004; CENTENO; NEVES, 2009; KRUMBEIN; AUERSWALD, 2000; TANDON et al., 2000; TIEMAN et al., 2006). Outras pesquisas são conduzidas no sentido de avaliar a interação de voláteis, açúcares e ácidos na percepção do sabor do tomate (BALDWIN; GOODNER; PLOTTO, 2008; MALUNDO; SHEWFELT; SCOTT, 1995; OMS-OLIU et al., 2011). Algumas cultivares foram alvos de pesquisas na comparação de compostos voláteis identificados em tomates (BERNA et al., 2005; KRUMBEIN et al., 2000). Há carência de pesquisas direcionadas à identificação de compostos voláteis em tomates relacionadas a sistemas de cultivo e tipos de amadurecimento.

De maneira geral, os interesses de todos os segmentos estão voltados para qualidade do produto, o que não pode ser avaliada de modo preciso, apenas pelas características externas. Produto com excelente aparência nem sempre apresenta características intrínsecas desejáveis. Dessa forma, os produtos precisam ser avaliados desde o campo até a pós-colheita, para melhor conhecimento de sua qualidade (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

2.2.2 Firmeza

A perda de firmeza é um processo que acompanha o amadurecimento de muitos frutos é resultado de mudanças estruturais que ocorrem na parede celular. A parede celular é formada por 90 a 95% de carboidratos, entre eles a celulose, a hemicelulose e a pectina, e com 5 a 10% de proteínas. As alterações da estrutura da pectina no amadurecimento do tomate decorrem da ação das enzimas pectolíticas poligalacturonase e da pectinametilesterase, a qual determina a extensão com que a pectina estará disponível à degradação pela poligalacturonase (HULTIN; SUN; BULGER, 1986). Além disso, a ação da poligalacturonase na quebra das pectinas da parede celular é influenciada pelo pH e pelas condições iônicas do meio no local de atuação da enzima (ANESE et al., 2002).

2.2.3 Coloração

A coloração dos tomates é um importante fator que permite determinar a maturação dos frutos, afeta a decisão de compra dos consumidores e também é um atributo de qualidade para as indústrias produtoras de tomates (ANESE et al., 2002).

As clorofilas e os carotenoides são os responsáveis pela coloração dos tomates. Nos estádios iniciais, as clorofilas fornecem a cor verde e com o amadurecimento, estas são degradadas e os carotenoides sintetizados. Nos tomates, os carotenoides principais são o licopeno (79-88 %), pigmento majoritário e responsável pela cor vermelha, e o β -caroteno que representa cerca de 7 % do teor total de carotenoides. O teor do licopeno aumenta com a maturação dos tomates quando os cloroplastos transformam-se em cromoplastos e a sua síntese incrementa resultando no aparecimento da cor vermelha (ANESE et al., 2002).

A modificação na coloração do tomate é devida à clorofila e aos carotenoides. No processo de maturação dos frutos ocorre a degradação da clorofila, pigmento que fornece coloração verde ao tecido vegetal, concomitante ao surgimento de pigmentos preexistentes e/ou síntese de novos pigmentos que fornecem a coloração característica dos frutos. Em tomates, há intensa degradação de clorofila durante o amadurecimento, com síntese gradual de licopeno (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Os principais componentes dos carotenoides em tomate são o caroteno (amarelo) e o licopeno (vermelho), cuja síntese e decomposição são acentuadas na fase de transição entre a maturação e senescência do fruto (CASTRO; CORTEZ; JORGE, 2001; FONTES; SAMPAIO; FINGER, 2000).

A mudança de coloração do tomate é considerada como índice de colheita. Desde que o fruto tenha completado seu desenvolvimento fisiológico - esteja "de vez" -, poderá ser colhido, mesmo que se apresente com a coloração verde clara. O ponto de colheita determina maior ou menor resistência do fruto ao manuseio, sua capacidade de completar a maturação, sua aparência e qualidade (FERREIRA; FREITAS; LAZZARI, 2004).

O mesmo autor afirma que a escolha do estádio de maturação depende das preferências regionais dos locais de comercialização e emprego culinário.

Para mercados próximos, os tomates podem ser colhidos no estágio rosado ou vermelho maduro, enquanto para mercados distantes podem ser colhidos no estágio de maturação fisiológica, verde maduro e completar sua maturação fora da planta, pois sendo o tomate um fruto climatérico pode desenvolver cor, aroma e sabor característicos nessa condição. Portanto, a cor é o principal atributo de qualidade que serve de parâmetro para o consumidor.

O desenvolvimento da coloração dos tomates é sensível à temperatura, sendo mais eficiente entre 12 e 30°C. Tomates amadurecidos sob altas temperaturas (> 30°C) apresentam uma cor amarela devido à inibição da síntese do licopeno e acúmulo de carotenoides amarelos e laranjas. Por outro lado, em temperaturas abaixo de 12°C, o acúmulo de licopeno não é evidenciado, devido a não degradação da clorofila (LOPEZ-CAMELO; GOMEZ, 2004).

Quando o tomate encontra-se na fase Rosa, com 30-60% da sua superfície vermelha, ocorre o pico climatérico da atividade respiratória. A perda da cor verde e o aparecimento da vermelha são utilizados como indicativos do grau de maturidade dos tomates que quando maduro, apresenta a típica coloração vermelha. Após a colheita, a coloração, a textura e o sabor dos frutos são alterados (LOPEZ-CAMELO; GOMEZ, 2004).

2.3 Atividade antioxidante

Antioxidantes são agentes responsáveis pela inibição e redução das lesões causadas pelos radicais livres nas células. Uma ampla definição de antioxidante é qualquer substância que, presente em baixas concentrações quando comparada a do substrato oxidável, atrasa ou inibe a oxidação desse substrato de maneira eficaz (SIES; STAHL, 1995).

O consumo de frutas e hortaliças tem aumentado principalmente em decorrência do seu valor nutritivo e efeitos terapêuticos. Esses alimentos contêm

diferentes fitoquímicos, muitos dos quais possuem propriedades antioxidantes (LIMA; MELO; LIMA, 2002; SIQUEIRA; OETTERER; REGINATO-D'ARCE, 1997). Dentre esses vegetais, o tomate tem assumido o *status* de alimento funcional, considerando-se as evidências epidemiológicas que o apontam como sendo responsável pela redução do risco de certos tipos de câncer. O fruto contém substâncias antioxidantes como ácido ascórbico, licopeno, β -caroteno e compostos fenólicos, que exercem papel preventivo, especialmente contras as doenças crônicas não transmissíveis (BORGUINI; SILVA, 2005).

Entre os antioxidantes presentes nos vegetais, os mais ativos e frequentemente encontrados são os compostos fenólicos. As propriedades benéficas desses compostos podem ser atribuídas à sua capacidade de sequestrar os radicais livres (DECKER, 1997). Os compostos fenólicos, constituintes de um amplo e complexo grupo de fitoquímicos, são produtos secundários do metabolismo vegetal que apresentam em sua estrutura um anel aromático com uma ou mais hidroxilas, o que possibilita atuarem como agentes redutores, exercendo proteção ao organismo contra o “*stress*” oxidativo (SCALBERT; WILLIAMSON, 2000).

As vitaminas C, E e o β -caroteno são consideradas excelentes antioxidantes, capazes de sequestrar os radicais livres com grande eficiência. A vitamina C (ácido ascórbico) é, geralmente, consumida em grandes doses pelos seres humanos, sendo adicionada a muitos produtos alimentares para inibir a formação de metabólitos nitrosos carcinogênicos. A vitamina C da dieta é absorvida de forma rápida e eficiente por um processo dependente de energia. Os benefícios obtidos na utilização terapêutica da vitamina C em ensaios biológicos com animais incluem o efeito protetor contra os danos causados pela exposição às radiações e medicamentos e um possível papel de proteção no desenvolvimento de tumores nos seres humanos (BIANCHI; ANTUNES, 1999).

Segundo Melo et al. (2006), o extrato metanólico do tomate é mais eficaz no sequestro de radicais livres que a couve-flor, couve folha, batata e espinafre, sendo o seu percentual de inibição, aos 15 min da reação, superior a 70%, evidenciando ação estatisticamente semelhante ao antioxidante sintético BHT.

Os radicais livres podem ser gerados no citoplasma, nas mitocôndrias ou na membrana e o seu alvo celular (proteínas, lipídeos, carboidratos e DNA) está relacionado com o seu sítio de formação (ANDERSON, 1996; YU; ANDERSON, 1997). Entre as principais formas reativas de oxigênio o O_2^- apresenta uma baixa capacidade de oxidação, o OH mostra uma pequena capacidade de difusão e é o mais reativo na indução de lesões nas membranas celulares. O H_2O_2 não é considerado um radical livre verdadeiro, mas é capaz de atravessar a membrana nuclear e induzir danos na molécula de DNA por meio de reações enzimáticas (ANDERSON, 1996).

A formação de radicais livres *in vivo* ocorre via ação catalítica de enzimas, durante os processos de transferência de elétrons que ocorrem no metabolismo celular e pela exposição a fatores exógenos. Contudo, na condição de pró-oxidante a concentração desses radicais pode aumentar, em razão da maior geração intracelular ou pela deficiência dos mecanismos antioxidantes (ANDERSON, 1996).

Os danos oxidativos induzidos nas células e tecidos têm sido relacionados com a etiologia de várias doenças, incluindo doenças degenerativas tais como as cardiopatias, aterosclerose e problemas pulmonares. Os danos no DNA causados pelos radicais livres também desempenham um papel importante nos processos de mutagênese e carcinogênese (POULSEN; PRIEME; LOFT, 1998).

Diversas técnicas têm sido utilizadas para determinar a atividade antioxidante *in vitro*, de forma a permitir uma rápida seleção de substâncias e/ou

misturas potencialmente interessantes, na prevenção de doenças crônico-degenerativas. Dentre esses métodos destacam-se o sistema de cooxidação do β -caroteno/ácido linoleico e o método de sequestro de radicais livres, tais como DPPH• - 2,2-difenil-1-picrilhidrazila. O mecanismo de redução de radicais livres DPPH envolve a doação de hidrogênio. A conversão do radical DPPH• em DPPH-H resulta em declínio relativamente rápido da absorvância. Os radicais livres DPPH•, que inicialmente apresentam cor roxa por possuírem elétron livre, perdem esta cor quando um radical hidrogênio doado por uma molécula antioxidante entra em ressonância com a molécula de DPPH. Nessa reação, a espécie DPPH• é reduzida pelos constituintes antioxidantes presentes na amostra (AH). Os radicais A• gerados reagem de várias formas resultando em novos compostos (NEBESNY; BUDRYN, 2003).

2.3.1 Carotenoides, Licopeno e Vitamina C

Os carotenoides são pigmentos que desempenham o principal papel na proteção de plantas contra o processo foto-oxidativo. Eles são eficientes antioxidantes como sequestradores de oxigênio singlete e de radicais de peroxila. No organismo humano, os carotenoides integram o sistema de defesa antioxidante e interagem sinergisticamente com outros antioxidantes (SHAMI; SIES, 2004).

Os carotenoides são encontrados em frutos de amplo consumo como o papaia, a goiaba e o tomate. No caso do tomate, o fruto pode conter (em 100g) 5mg de carotenoides, dos quais 80% correspondem ao licopeno, um carotenoide de estrutura acíclica não ramificada. Nos produtos de tomate, a composição de carotenoides pode variar dependendo da matéria-prima e do tempo e severidade do processamento, que resultam em variados graus de degradação desses pigmentos (RODRIGUEZ-AMAYA, 2002).

O crescente interesse na atividade antioxidante do carotenoide licopeno se deve à alegação de que esse poderoso antioxidante combate os radicais livres, retarda o envelhecimento e pode proteger contra o câncer. O licopeno é um carotenoide que confere cor vermelha ao tomate, e, quanto mais intensa for a cor vermelha, mais rico em antioxidante ele será. Tomates que apresentam uma coloração caracterizada pela cor vermelha intensa e uniforme externa e internamente possuem teores de licopeno de 5 a 8mg por 100g de polpa (SILVA; GIORDANO, 2000).

Juntamente com as vitaminas, os carotenoides são substâncias muito investigadas como agentes quimiopreventivos, funcionando como antioxidantes em sistemas biológicos. Algumas das principais fontes de carotenoides são tomates e produtos derivados, como extrato, polpa e molhos, nos quais os carotenoides presentes são o β -caroteno e o licopeno respectivamente. O licopeno aparece atualmente 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 (SHAMI; MOREIRA, 2004).

O licopeno está presente nos tomates como pigmento majoritário (79-88 %), em menor concentração o β -caroteno (5-8 %) e em traços, a fitoeno, fitoflueno, neurosporeno, neoxantina, violaxantina, anteraxantina, luteína, licoxantina α -criptoxantina, β -criptoxantina, α -caroteno, β -caroteno (GAMA et al., 2006).

A vitamina C é conhecida como ácido ascórbico na forma reduzida e ácido dehidroascórbico na forma oxidada. O ácido ascórbico é uma cetolactona de seis carbonos, que se oxida facilmente e de modo reversível o ácido dehidroascórbico que apresenta cerca de 60 % das propriedades da vitamina C (GARDNER et al., 2000).

As principais fontes de vitamina C para os seres humanos são as frutas e as hortaliças, onde o ácido ascórbico encontra-se principalmente na forma livre. Nos tomates, o teor de ácido ascórbico varia de acordo com a cultivar e as condições de cultivo, entre 14 e 44 mg/100 g (GARDNER et al., 2000).

O teor em ácido ascórbico nos frutos é um índice de maturação e a sua determinação torna-se interessante no controle de qualidade. O teor em ácido ascórbico é influenciado pelas condições ambientais da produção, em especial, pela intensidade luminosa (MARTINEZ-VALVERDE et al., 2002), cuja exposição favorece o acúmulo dessa vitamina nos tomates. Já, 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 diminuem a incidência luminosa sobre os frutos (DUMAS et al., 2003).

2.4 Cultura orgânica e convencional

As práticas agrícolas modernas ou convencionais são caracterizadas principalmente pela alta dependência de insumos artificiais externos, como o uso intensivo de produtos químicos para o controle de pragas, o que afeta espécies não alvo, uso intensivo do solo e o monocultivo de espécies comerciais. Ao contrário dos sistemas convencionais, a agricultura orgânica está fundamentada na conservação e melhoramento da capacidade produtiva do solo, diversificação do sistema de produção e aproveitamento dos processos ecológicos para a regulação das populações de herbívoros-praga (TOGNI et al., 2009).

Segundo Borguini e Torres (2006), orgânico é um termo que indica que o alimento é produzido de acordo com normas específicas que vetam a utilização de quaisquer agroquímicos e é certificado por uma agência devidamente reconhecida. Esse tipo de sistema evita ou exclui a utilização de fertilizantes

sintéticos e pesticidas, principalmente os que têm em sua composição nitrogênio, pois este pode influenciar negativamente alguns microrganismos presentes no solo e, com isso, gerar problemas fitossanitários.

A agricultura orgânica integra uma vasta gama de metodologias que apoiam a proteção do meio ambiente. Os sistemas de produção orgânica se baseiam em normas de produção específicas, cuja finalidade é obter ecossistemas ótimos, contemplando os aspectos sociais, ecológicos e econômicos e que sejam sustentáveis. De acordo com Torjusen et al. (2001) a agricultura orgânica tem sido praticada desde 1920, inicialmente com uma resposta à industrialização da agricultura.

A fim de regulamentar as atividades desenvolvidas no setor, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) estabeleceu, pela Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003 (BRASIL, 2003), as normas disciplinares para produção, tipificação, processamento, envase, distribuição, identificação e certificação da qualidade de produtos orgânicos, sejam eles de origem animal ou vegetal. Essa Lei é regulamentada pelo decreto nº 6323 de 27 de dezembro de 2007 do MAPA, no qual dispõe sobre as relações de trabalho, produção, comercialização, informação de qualidade, insumos e sobre o sistema de avaliação e fiscalização (BRASIL, 2007).

Em relação à certificação, a partir de janeiro de 2011 entrou em vigor o conjunto de leis, decretos e instruções normativas, onde os alimentos somente podem ser comercializados como orgânicos se constar no rótulo o selo federal de conformidade orgânica (Figura 1) do MAPA (SILVA, 2011). A legislação estabelece três instrumentos para garantir a qualidade dos alimentos orgânicos (BRASIL, 2011):

- Certificação por auditoria – Organismo de Avaliação da Conformidade :

Neste mecanismo as certificadoras públicas ou privadas credenciadas pelo MAPA utilizam os procedimentos e critérios reconhecidos internacionalmente para organismos

de avaliação da conformidade, acrescidos dos requisitos técnicos estabelecidos pela legislação brasileira para a agricultura orgânica. A certificação por auditoria exige que a avaliação da conformidade seja feita por uma certificadora independente, sem vínculo direto com quem produz ou com quem compra. A certificadora credenciada pelo MAPA, ao aprovar a certificação de um produtor, fica responsável por incluí-lo no Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos e a autorizá-lo a utilizar o selo do SisOrg.

- Sistemas participativos de garantia:

Os Sistemas Participativos de Garantia – SPG caracterizam-se pela responsabilidade coletiva de seus membros, que podem ser produtores, consumidores e técnicos. O SPG tem que possuir um Organismo Participativo de Avaliação da Conformidade – OPAC, legalmente constituído e credenciado pelo MAPA, cuja responsabilidade é avaliar a conformidade orgânica dos produtos, incluir os produtores orgânicos no Cadastro Nacional de Produtores Orgânicos e autorizá-los a utilizar o selo do SisOrg.

- Organização de Controle Social:

Por reconhecer a importância da relação de confiança estabelecida entre produtores e consumidores, em toda a história do movimento orgânico, a legislação brasileira abriu uma exceção na obrigatoriedade de certificação dos produtos orgânicos que são vendidos diretamente aos consumidores, em feiras e pequenos mercados locais, por exemplo. Para isso, os produtores têm que fazer parte de uma Organização de Controle Social – OCS cadastrada em órgãos fiscalizadores, dentre os quais o MAPA, que pode ser um grupo de agricultores familiares, associação, cooperativa ou consórcio, com ou sem personalidade jurídica.



Figura 1 Selo SisOrg para produtos orgânicos no Brasil.

De acordo com a Lei nº 10.831 do MAPA, considera-se “sistema orgânico de produção agropecuária todo aquele em que se adotam técnicas específicas, mediante a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais, tendo por objetivo a sustentabilidade econômica e ecológica, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energia não renovável, empregando, sempre que possível, métodos culturais, biológicos e mecânicos, em contraposição ao uso de materiais sintéticos, organismos geneticamente modificados e radiações ionizantes, em qualquer fase do processo de produção, processamento, armazenamento, distribuição e comercialização, além da proteção ao meio ambiente” (BRASIL, 2003).

A adubação orgânica possui natureza orgânica, sendo obtidos de matérias-primas de origem animal ou vegetal provenientes do meio rural, de áreas urbanas ou de agroindústrias. Os fertilizantes orgânicos podem ou não ser enriquecidos com nutrientes de origem mineral (não orgânica) (HENZ; ALCÂNTARA; REZENDE, 2007).

O composto orgânico é o produto final da decomposição aeróbica de resíduos vegetais e animais. Atua como condicionador e melhorador das propriedades físicas, físico-químicas e biológicas do solo, fornece nutrientes, favorece o rápido enraizamento e aumenta a resistência das plantas (HENZ; ALCÂNTARA; REZENDE, 2007).

A compostagem é uma técnica simples que visa à transformação de sobras de materiais vegetais pela adição de esterco de qualquer origem, em compostos ricos em nutrientes utilizados para adubação das culturas. É o resultado da ação de inúmeros organismos e microrganismos (COUTO et al., 2008).

A busca por alimentos provenientes de sistemas de produção mais sustentáveis como os métodos orgânicos de produção, é uma tendência que vem

se fortalecendo e se consolidando em nível mundial. A abertura do mercado brasileiro para produtos orgânicos é recente. Apoiado pela mídia e com a ampla aceitação pela população a demanda vem mostrando, desde 1990, crescimento de cerca de 10% a 20% ao ano. Há uma expansão da oferta, antes restrita às feiras de produtos orgânicos, com o efetivo envolvimento das grandes redes varejistas. O surgimento de associações, cooperativas e empresas distribuidoras de produtos orgânicos, vem permitindo maior oferta desse tipo de alimento, na maioria das cidades do país (BORGUINI; SILVA, 2005).

Há um potencial mercado para os produtos orgânicos, relacionado principalmente à resistência de uma parcela da população em manter a aquisição e consumo de alguns alimentos convencionais como o tomate, morango e batata, cujo cultivo conhecidamente envolve o emprego de quantidades substanciais de adubos sintéticos e pesticidas (PENTEADO, 2000). Entretanto, há escassez de bases científicas para alegações de superioridade feitas para a produção orgânica.

O crescimento do consumo de alimentos orgânicos não está diretamente relacionado com o valor nutricional desses alimentos, mas aos diversos significados que lhes são atribuídos pelos consumidores. Tais significados variam desde a busca por uma alimentação individual mais saudável, de melhor qualidade e sabor, até a preocupação ecológica de melhorar ou preservar a saúde ambiental (ARCHANJO; BRITO; SAUERBECKS, 2001).

Alguns autores afirmam que os alimentos orgânicos são superiores nutricionalmente aos convencionais, existindo estudos que apontam para essa diferença e estudos que contestam essa afirmação. Alguns autores afirmam que o aumento dos nutrientes no cultivo orgânico seria relacionado à utilização de insumos diferenciados, compostos orgânicos, biofertilizantes, húmus de minhoca, dentre outros, excluindo adubos químicos e agrotóxicos, que são

amplamente utilizados na agricultura convencional (PAULETTI; BORTOLINI 2007).

Pinheiro e Barreto (2005) relatam que análises químicas realizadas em amostras de húmus, compostos orgânicos e pós de rocha revelam mais de cinquenta nutrientes presentes nesses insumos, ao passo que os fertilizantes sintéticos, como por exemplo, o NPK possuem somente três (nitrogênio, fósforo e potássio). Desse modo, as plantas cultivadas no sistema orgânico se desenvolvem com maior diversidade de elementos no solo, o que proporciona o aumento nos teores de determinados nutrientes.

Bourn e Prescott (2002) avaliaram alimentos produzidos por meio dos sistemas orgânicos e convencional sob três aspectos: valor nutricional, qualidade sensorial e segurança do alimento. Os autores afirmam que existe reduzido número de estudos bem controlados, ou seja, capazes de viabilizar uma comparação válida. Os mesmos autores afirmam que a ampla gama de fatores que podem afetar a composição dos alimentos (genéticos, práticas agronômicas, clima e condições pós-colheita) faz com que as pesquisas sobre valor nutritivo de alimentos orgânicos e convencionais, tornem-se difíceis de serem estabelecidas e seus resultados interpretados de forma consistente.

De acordo com Borgini e Torres (2006), alguns pesquisadores mantêm-se atentos para controlar variáveis como localização da propriedade, cultivar e maturação na colheita, como maneira de reduzir o número de fatores potenciais que podem afetar o valor nutricional. A grande dificuldade em se comparar a qualidade de orgânicos e convencionais está em estabelecer o método científico adequado, ou seja, controlar as variáveis.

2.4.1 Tomate orgânico

O tomateiro é tido como uma excelente oportunidade de negócio e grande desafio para a produção orgânica. A composição dos frutos varia muito nas referências de acordo com a cultivar e as condições de cultivo. A qualidade nutritiva de alimentos cultivados pelos dois sistemas (convencional e orgânico) é, geralmente, comparada em termos de macronutrientes, vitaminas e minerais (BORGUINI; SILVA, 2005). São escassas as informações sobre as cultivares de tomate de mesa adaptadas ao sistema de cultivo orgânico.

Segundo Ferreira et al. (2010), tomates de mesa do sistema convencional apresentam maior massa, volume e uma tendência a maior peso específico, açúcares redutores e teor de nitrato e nitrito em relação aos do sistema orgânico; os frutos do sistema orgânico apresentam uma tendência a maior valor de pH, vitamina C, cinzas e maior relação de SST/ATT; nas amostras dos sistemas de cultivo convencional e orgânico não são evidenciadas grandes diferenças no teor de sólidos totais e sólidos solúveis totais; os frutos mais maduros, independente do sistema de cultivo, tendem a apresentar menor acidez e mais açúcares redutores; os tomates colhidos na primeira florada apresentam maior massa; e os da última florada apresentam relação SST/ATT superior a 14,5.

Pesquisas realizadas no Oeste da Alemanha e descritas por Borguini, Oetterer e Silva (2003), visando analisar as diferenças de qualidade entre tomate orgânico e convencional, apontaram que o grau de crescimento e maturidade fisiológica da colheita apresenta significativo efeito sobre alguns nutrientes, entre eles o teor de açúcar, o que justifica um melhor sabor do produto orgânico em razão da maior doçura.

Ferreira et al. (2010) acreditam que as cultivares devam ter características apropriadas aos sistemas agroecológicos de cultivo. E que cultivares que demandam o uso intensivo de insumos para expressar seu potencial produtivo,

como os híbridos, não se adaptariam a tais sistemas. No entanto, resultados obtidos por Ferreira et al. (2010) ao compararem o desempenho produtivo da cultivar de tomate 'Santa Clara', de polinização livre (PL), com o híbrido 'Débora', ambos do mesmo segmento varietal, nos sistemas orgânico e convencional em condições de campo aberto, vão ao contrário a esta teoria. Em ambos os sistemas de cultivos, 'Débora' mostrou nítida superioridade, em termos de produção comercial, em relação à 'Santa Clara'. No sistema orgânico, a produção comercial de 'Débora' foi de 63,3% superior à da 'Santa Clara'.

Alguns trabalhos foram conduzidos para estudar a diferença entre alimentos cultivados no sistema orgânico e convencional, contudo ainda há divergência e a maioria dos estudos não envolvem as mesmas condições de cultivo. Os resultados mostraram que os alimentos cultivados nos dois sistemas, incluindo o tomate, se equivalem na maioria dos macronutrientes e cinzas (AGENCE FRANÇAISE DE SECURITE SANITAIRE DES ALIMENTS - AFSSA, 2003), porém outro Borguini (2002) mostrou uma tendência do tomate cultivado no sistema orgânico apresentar maior quantidade de minerais.

Premuzic et al. (1998) compararam o teor de ácido ascórbico de tomates cultivados com substrato orgânico aos tomates cultivados hidroponicamente e registraram maior teor de ácido ascórbico para os frutos produzidos com a utilização de composto orgânico.

REFERÊNCIAS

- ABEGAZ, E. G. et al. Partitioning taste from aromatic flavor notes of fresh tomato (*Lycopersicon esculentum*, Mill) to develop predictive models as a function of volatile and nonvolatile components. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 34, n. 5, p. 227-235, July 2004.
- AGENCE FRANÇAISE DE SECURITE SANITAIRE DES ALIMENTS. **Evaluation nutritionnelle et sanitaire des alimentis issus de l'agriculture biologique**. Paris, 2003. 29 p.
- ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, casa de vegetação e em hidroponia**. Lavras: UFLA, 2004. 400 p.
- ANDERSON, D. Antioxidant defences against reactive oxygen species causing genetic and other damage. **Mutation Research**, Amsterdam, v. 350, n. 1, p. 103-108, Jan. 1996.
- ANESE, M. et al. Effect of equivalent thermal treatments on the color and the antioxidant activity of tomato purees. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 67, n. 9, p. 3442-3446, Sept. 2002.
- ARCHANJO, L. R.; BRITO, K. F. W.; SAUERBECKS, K. Os alimentos orgânicos em Curitiba: consumo e significado. **Caderno de Debates**, Campinas, v. 8, n. 1, p. 1-16, 2001.
- BAKER, G. Strategic implications of consumer food safety preferences. **International Food and Agribusiness Management Review**, New York, v. 1, n. 4, p. 451-463, 1998.
- BALDWIN, E. A. et al. Flavor trivia and tomato aroma: biochemistry and possible mechanisms for control of important aroma components. **Hortscience**, Alexandria, v. 35, n. 2, p. 1013-1022, Oct. 2000.
- BALDWIN, E. A.; GOODNER, K.; PLOTTO, A. Interaction of volatiles, sugars, and acids on perception of tomato aroma and flavor descriptors. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 73, n. 6, p. 128-135, June 2008.
- BERNA, A. Z. et al. Mapping consumer liking of tomatoes with fast aroma profiling techniques. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 38, n. 1/2, p. 115-127, 2005.

BIANCHI, M. L. P.; ANTUNES, L. M. G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 12, n. 2, p. 123-130, 1999.

BORGUINI, R. G. **Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) orgânico: o conteúdo nutricional e a opinião do consumidor**. 2002. 110 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2002.

BORGUINI, R. G.; OETTERER, M.; SILVA, M. V. Qualidade nutricional de hortaliças orgânicas. **Boletim da SBCTA**, Campinas, v. 37, n. 1, p. 28-35, 2003.

BORGUINI, R. G.; SILVA, M. V. Características físico-químicas e sensoriais do tomate (*lycopersicon esculentum*) produzido por cultivo orgânico em comparação ao convencional. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 16, n. 4, p. 355-361, out./dez. 2005.

BORGUINI, R. G.; TORRES, E. A. F. S. Alimentos orgânicos: qualidade nutritiva e segurança do alimento. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 13, n. 2, p. 64-75, ago. 2006.

BOURN, D.; PRESCOTT, J. A comparison of de nutrition value, sensory qualities and food safety of organically convencionally produced foods. **Critical Revie of Food Science and Nutrition**, London, v. 42, n. 1, p. 1-34, Jan. 2002.

BRASIL. **Decreto n. 6323**, de 27 de dezembro de 2007. Regulamenta a Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003, que dispõe sobre a agricultura orgânica. Brasília, 2007. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 19 dez. 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Legislação brasileira**. Disponível em: <<http://www.prefiraorganicos.com.br>>. Acesso em: 21 jan. 2011.

_____. **Lei n. 10.831**, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica. Brasília, 2003. Disponível em: <<http://www.extranet.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 19 dez. 2010.

_____. **Portaria nº 553**, de 30 de agosto de 1995. Dispõe sobre a Norma de Identidade, Qualidade, Acondicionamento e Embalagem do Tomate *in natura*, para fins de comercialização e Revoga as especificações de Identidade, Qualidade, Acondicionamento e Embalagem do Tomate, estabelecidas pela

Portaria nº. 76, de 25 de fevereiro de 1975. Brasília, 1995. Disponível em: <<http://www.claspar.pr.gov.br/arquivos/File/pdf/tomate.pdf>>. Acesso em: 19 dez. 2011.

_____. **Portaria SARC nº 085**, de 6 de março de 2002. Propõe o Regulamento técnico de identidade e qualidade para classificação do tomate. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, mar. 2002.

CARVALHO, J. I.; PAGLIUCA, L. G. Tomate: um mercado que não para de crescer globalmente. **Revista Hortifruti Brasil**, Piracicaba, n. 58, p. 6-14, jun. 2007.

CASTRO, L. R.; CORTEZ, L. A. B.; JORGE, J. T. Influência da embalagem no desenvolvimento de injúrias mecânicas em tomates. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 26-33, jan./abr. 2001.

CENTENO, D. C.; NEVES, N. R. Contribuidores do sabor em tomate (*Solanum lycopersicum* var. MoneyMaker) e suas inter-relações. **Revista Trópica - Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinha, v. 3, n. 2, p. 4-11, 2009.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

COUTO, J. R. do et al. **Instruções práticas para a produção de compostos orgânicos em pequenas propriedades**. Brasília: EMBRAPA Hortaliças, 2008. 8 p. (Comunicado Técnico, 53).

DAVIES, J. N.; HOBSON, G. E. The constituents of tomato fruit: the influence of environment, nutrition and genotype. **Critical Review Food Science Nutrition**, Boca Raton, v. 15, n. 1, p. 205-208, 1981.

DECKER, E. A. Phenolics: prooxidants or antioxidants? **Nutrition Reviews**, New York, v. 55, n. 11, p. 396-407, 1997.

DUMAS, Y. et al. Effects of environmental factor and agricultural techniques and antioxidant contend of tomatoes. **Journal of Science Food Agriculture**, London, v. 83, n. 1, p. 369-382, Feb. 1983.

FERREIRA, S. M. R. et al. Avaliação da qualidade do tomate. In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO, 1., 2000, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2000. p. 437-441.

_____. Qualidade do tomate de mesa cultivado nos sistemas convencional e orgânico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 1, p. 224-230, jan./mar. 2010.

FERREIRA, S. M. R.; FREITAS, R. J. S.; LAZZARI, E. N. Padrão de identidade e qualidade do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) de mesa. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 115-127, fev. 2004.

FONTES, P. C. R.; SAMPAIO, R. A.; FINGER, F. L. Fruit size, mineral composition and quality of trickle-irrigated tomatoes as affected by potassium rates. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 1, p. 21-25, jan. 2000.

GARDNER, P. T. et al. The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. **Food Chemistry**, London, v. 68, n. 4, p. 471-474, Aug. 2000.

GIORDANO, L. B.; SILVA, J. B. C. da; BARBOSA, V. Escolha de cultivares e plantio. In: SILVA, J. B. C. da; GIORDANO, L. B. (Ed.). **Tomate para processamento industrial**. Brasília: EMBRAPA, 2000. p. 36-59.

HENZ, G. P.; ALCÂNTARA, F. A.; REZENDE, F. V. **Produção orgânica de hortaliças: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2007. 308 p. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

HOBSON, G. E.; DAVIES, J. N. The tomato. In: HULME, A. C. (Ed.). **The Biochemistry of fruits and their products**. London: Academic, 1971. v. 2, p. 437-475.

HULTIN, H. O.; SUN, B.; BULGER, J. Pectin methyl esterases of the banana: purification and properties. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 31, n. 3, p. 320-327, May/June 1996.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.
Levantamento sistemático da produção de tomates: produção agrícola municipal. Rio de Janeiro, 2010. 1 CD-ROM.

KRUMBEIN, A.; AUERSWALD, H. Aroma volatiles in tomato varieties-instrumental, sniffing and quantitative descriptive analysis. In: SCHIEBERLE, P.; ENGEL, K. H. (Ed.). **Frontiers of flavour science**. Garching: Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, 2000. p. 51-55.

KRUMBEIN, A. et al. Sensory attributes and flavor compounds of short-term stored vegetables. In: FLORKOWSKI, W. J.; PRUSSIA, S. E.; SHEWFELT, R. L. (Ed.). **Fruit and vegetable quality: an integrated view**. Lancaster: Technomic, 2000. p. 241-249.

KRUMBEIN, A.; PETERS, P.; BRÜCKNER, B. Flavour compounds and a quantitative descriptive analysis of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) of different cultivars in short-term storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 32, n. 1, p. 15-28, 2004.

LEWINSOHN, E. et al. Not just colors carotenoid degradation as a link between pigmentation and aroma in tomato and watermelon fruit. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 16, n. 1, p. 407-415, Apr. 2005.

LIMA, V. L. A. G.; MELO, E. A.; LIMA, D. E. S. Fenólicos e carotenóides totais em pitanga. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 3, p. 87-99, 2002.

LIMA FILHO, D. O. et al. **Comportamento do consumidor de produtos alimentícios**. Campo Grande: UFMS, 2003. 235 p.

LOPEZ-CAMELO, A. F.; GOMEZ, P. A. Comparison of color indexes for tomato ripening. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 128-141, set. 2004.

MALUNDO, T. M. M.; SHEWFELT, R. L.; SCOTT, J. W. Flavor quality of fresh tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill) as affected by sugar and acid levels. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 6, n. 1, p. 103-110, 1995.

MARCONI, O.; FLORIDI, S.; MONTANARI, L. Organic acids profile in tomato juice by HPLC with UV detection. **Journal of Food Quality**, Wastport, v. 30, p. 253-266, Nov. 2000.

MARTINEZ-VALVERDE, I. et al. Phenolic compounds, lycopene and antioxidant activity in commercial varieties of tomato (*Lycopersicum esculentum*). **Journal of the Science Food and Agriculture**, London, v. 82, n. 8, p. 323-330, June 2002.

MELO, E. A. et al. Capacidade antioxidante de hortaliças usualmente consumidas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 639-644, jul./set. 2006.

NEBESNY, E.; BUDRYN, G. Antioxidative activity of green and roasted coffee beans as influenced by convection and microwave roasting methods and content of certain compounds. **European Food Research and Technology**, Berlin, v. 217, n. 2, p. 157-163, Aug. 2003.

OMS-OLIUB, G. et al. Metabolic characterization of tomato fruit during preharvest development, ripening, and postharvest shelf-life. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 62, n. 1, p. 7-16, 2011.

PAULETTI, E. S. S.; BORTOLINI, F. **Análise nutricional de hortaliças orgânicas e convencionais ofertadas no mercado local de concórdia e possíveis impactos sobre a saúde humana**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2007. Disponível em: <<http://www.pronaf.gov.br>>. Acesso em: 7 dez. 2010.

PENTEADO, S. R. **Introdução à agricultura orgânica**. Campinas: Grafimagem, 2000. 113 p.

PINHEIRO, S.; BARRETO, S. B. **Farinha de rocha: agricultura sustentável, trofobiose e biofertilizantes**. São Paulo: Fundação Uquirá Candiru, 2005. 273 p.

PREMUZIC, Z. et al. Calcium, iron, potassium, phosphorus and vitamin C content of organic and hydroponic tomatoes. **Hortscience**, Alexandria, v. 23, n. 2, p. 255-257, Apr. 1998.

POULSEN, H. E.; PRIEME, H.; LOFT, S. Role of oxidative DNA damage in cancer initiation and promotion. **European Journal of Cancer Prevention**, Oxford, v. 7, n. 1, p. 9-16, Feb. 1998.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Effects of processing and storage on food carotenoids. **Sight Life Newsletter**, New York, v. 3, p. 25-30, 2002. Special issue.

_____. Rotas bioquímicas e químicas para a formação de compostos voláteis em alimentos. In: FRANCO, M. R. B. (Ed.). **Aroma e sabor de alimentos: temas atuais**. São Paulo: Varela, 2003. p. 177-194.

SCALBERT, A.; WILLIAMSON, G. Dietary intake and bioavailability of polyphenols. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 130, n. 2, p. 2073-2085, Oct. 2000.

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

SIES, H.; STAHL, W. Vitamins E and C, b-carotene, and other carotenoids as antioxidants. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 62, n. 6, p. 1315-1321, June 1995.

SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. **Tomate para processamento industrial**. Brasília: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia; EMBRAPA Hortaliças, 2000. 168 p.

SILVA, J. S. **Orgânicos**: agora é federal. Disponível em: <<http://www.gazetaonline.globo.br>>. Acesso em: 21 jan. 2011.

SIQUEIRA, F. M.; OETTERER, M.; REGINATO-D'ARCE, M. B. Nutrientes antioxidantes. **Boletim SBCTA**, Campinas, v. 31, n. 2, p. 192-199, 1997.

TABELA de composição de alimentos brasileira. Campinas: UNICAMP, 2006. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/nepa/taco/>>. Acesso em: 10 jun. 2010.

TANDON, K. S. et al. Linking sensory descriptors to volatile and nonvolatile components of fresh tomato flavor. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 68, p. 2366-2371, Mar. 2003.

TIEMAN, D. M. et al. Identification of loci affecting flavor volatile emissions in tomato fruits. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 57, n. 5, p. 887-896, Apr. 2006.

TOGNI, P. H. B. et al. Dinâmica populacional de Bemisia tabaci biótipo B em tomate monocultivo e consorciado com coentro sob cultivo orgânico e convencional. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 183-188, mar./abr. 2009.

TORJUSEN, H. et al. Food system orientation and quality perception among consumers and producers of organic food in Hedmark County Norway. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 12, n. 2, p. 207-216, Apr. 2001.

VILAS-BOAS, E. V. B. **Qualidade de alimentos vegetais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2006. 68 p.

YU, T. W.; ANDERSON, D. Reactive oxygen species-induced DNA damage and its modification: a chemical investigation. **Mutation Research**, Amsterdam, v. 379, n. 2, p. 201-210, Feb. 1997.

CAPÍTULO 2

Firmeza de tomates orgânicos e convencionais amadurecidos na planta e após a colheita

RESUMO

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar parâmetros relacionados à firmeza de tomates (*L. esculentum* Mill) orgânicos e convencionais amadurecidos na planta e após a colheita. Foram utilizadas cinco cultivares de tomate cultivados organicamente e convencionalmente sob as mesmas condições em sistema protegido. Os frutos foram analisados quando maduros (mais de 90% da superfície vermelha), considerando-se o amadurecimento na planta e após a colheita. Os tomates amadurecidos após a colheita foram colhidos no estágio verde maduro e armazenados por cerca de três dias à temperatura ambiente até atingirem o estágio de maturação vermelho maduro. Foram realizadas as seguintes análises: firmeza, pectina total e solúvel, atividade enzimática da poligalacturonase (PG) e pectinametilesterase (PME). Uma análise conjunta dos dados obtidos, a partir do experimento com cinco cultivares diferentes de tomate não permite afirmar que a firmeza do fruto e variáveis associadas são influenciadas sistemática e consistentemente pelo sistema de cultivo do vegetal (orgânico e convencional) e amadurecimento (na planta e após a colheita). Entretanto, os tomates amadurecidos na planta apresentaram maior firmeza em comparação aos que completaram o amadurecimento após a colheita.

Palavras-chave: Pectinametilesterase. Poligalacturonase. Amaciamento. Amadurecimento.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate parameters related to the firmness of organic and conventional tomatoes (*L. esculentum* Mill) ripened in the plant and after the harvest. Were used five tomato cultivars, organic and conventional, grown under the same conditions in protecting system. The fruits were analyzed when mature (more than 90% of the surface red), considering the ripening in the plant and in the post-harvest. Tomatoes ripened in the post-harvest were harvested at mature green stage and stored for about three days at ambient temperature until reach the stage of maturity mature red. The following analyses were performed: firmness, total and soluble pectin, enzymatic activity of polygalacturonase (PG) and pectinmetylesterase (PME). A joint analysis of the gotten data, from the experiment with five different cultivars of tomatoes, does not allow to affirm that the fruit firmness and associate variables, are influence systematic and consistently by the system of cultivate of the vegetable (organic and conventional) and ripening (in the plant and after the harvest). However the tomatoes ripened on the plant showed greater firmness than those who completed the ripening in the post-harvest.

Keywords: Pectinmetylesterase. Polygalacturonase. Softening. Ripening.

1 INTRODUÇÃO

O tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) pertence à família das solanáceas (DAVIES; HOBSON, 1981); originário da região andina (RICK, 1982), constitui-se uma das hortaliças mais cultivadas no mundo e, por sua boa aparência, sabor, aroma, textura e valor nutricional ele é também um dos mais consumidas (ENRICH et al., 2011).

No Brasil, a cultura do tomate desempenha importante papel econômico, sendo uma das principais olerícolas, mostrando-se presente em quase todas as regiões e climas (ENCRICH et al., 2011). O Brasil se destaca entre os dez maiores países produtores, alcançando em 2010 uma produção 3,7 milhões de toneladas (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2011).

Recentemente, a demanda por tomate foi reforçada pela busca de alimentos mais saudáveis, favorecendo também o crescimento da venda do produto fresco e orgânico (CARVALHO; PAGLIUCA, 2007). Consumidores citam a preocupação com a saúde como principal motivação para consumir alimentos orgânicos, e a ausência de agrotóxicos é apontada como principal atributo desses alimentos.

A busca por alimentos provenientes de sistemas de produção mais sustentáveis como os métodos orgânicos de produção é uma tendência que vem se fortalecendo e se consolidando em nível mundial. A abertura do mercado brasileiro para produtos orgânicos é recente. Apoiado pela mídia e com a ampla aceitação pela população, a demanda vem apresentando desde 1990, crescimento de cerca de 10% a 20% ao ano (BORGUINI; SILVA, 2005).

O tomateiro é tido como uma cultura trabalhosa para a produção orgânica e a composição dos frutos varia muito nas referências de acordo com a cultivar e as condições de cultivo (BORGUINI; SILVA, 2005). Apesar de o

tomate fazer parte diariamente da alimentação do brasileiro, seja de forma *in natura* ou industrializada, ainda pouco se conhece sobre a qualidade das diferentes variedades cultivadas, assim como são escassas e controversas as referências sobre a qualidade do tomate orgânico.

A textura é um importante atributo de qualidade em tomates para o consumo “*in natura*”, pois indica a tolerância do fruto ao transporte e manuseio durante a colheita e comercialização. A firmeza afeta a suscetibilidade dos tomates a danos físicos, e, conseqüentemente, sua aptidão para comercialização (REZENDE et al., 2004). Mudanças na textura, em especial o amaciamento, juntamente com alterações no sabor e coloração, constituem-se nas principais alterações no processo de maturação de frutos do tomateiro (MALACRIDA; VALE; BOGGIO, 2006).

De acordo com Bicalho et al. (2000), o processo de amaciamento, durante o amadurecimento de muitos frutos, é ocasionado provavelmente por mudanças na atividade de enzimas de parede celular que, juntamente com a perda de água, contribuem para as mudanças de textura.

O amadurecimento de frutos do tomateiro é um processo bastante complexo, pois envolve inúmeros passos metabólicos, dentre os quais se destacam aumento da produção de etileno, degradação do epicarpo e endocarpo pela ação das enzimas poligalacturonase e pectinametilesterase, bem como o amaciamento do fruto pela perda de água. 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 tenham atingido a maturidade fisiológica, estágio denominado de verde-maturo (FREITAS et al., 1998).

O estágio de maturação do tomate influencia a vida pós-colheita, o processo de amadurecimento e, conseqüentemente, a qualidade do produto que chega ao consumidor (BRACKAMANN et al., 2007). Frutos colhidos verdes

apresentam maior vida pós-colheita e maior resistência ao transporte; porém, normalmente são frutos de qualidade inferior àqueles colhidos com um estágio de maturação mais avançado. No entanto, apesar de os frutos colhidos maduros apresentarem uma qualidade sensorial superior, eles são muito perecíveis, possuindo uma vida pós-colheita muito curta. De acordo com Moura et al. (1999), a situação ideal seria colher os frutos quando já tivessem atingido sua maturação fisiológica, de forma a não comprometer o amadurecimento e permitir ao produto boa qualidade durante o período de comercialização. Assim, a colheita de frutos parcialmente maduros ou maduros, pode ser uma alternativa para se obter frutos de melhor qualidade, durante a comercialização, sem excessivas perdas de produto (BRACKMANN et al., 2007). São escassas as pesquisas científicas, relacionadas à qualidade pós-colheita, de tomates amadurecidos na planta comparados aos amadurecidos após a colheita.

A perda progressiva de textura durante a maturação do tomate tem sido atribuída à redução na espessura das paredes celulares e da força coesiva que as mantém unidas, pela despolimerização de pectinas, celulose, hemiceluloses e amido (REZENDE et al., 2004).

As pectinas são polímeros de ácido galacturônico que desempenham importante função na parede celular como material cimentante, mantendo a coesão entre as células. Com o avanço da maturação, há hidrólise (quebra) e solubilização das pectinas, contribuindo para o amaciamento dos tecidos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A solubilização e a despolimerização dos polímeros de ácido galacturônico durante o amadurecimento são atribuídos a duas enzimas: poligalacturonase (PG) e pectinametilesterase (PME) (SEYMOUR; LASSLET; TUCKER, 1987). A PG promove a despolimerização dos polímeros de ácido galacturônico, atuando ao acaso na cadeia pécica (endo-PG) ou nas extremidades não redutoras (exo-PG) (PRASANNA; PRABHA;

THARANATHAN, 2006). A PME promove a desmetilação na posição C6 de resíduos de ácido metilgalacturônico (SEYMOUR; LASSLET; TUCKER, 1987).

Em tomates, com o amadurecimento, os poliuronídeos da parede celular aumentam a sua solubilidade em água, em resposta à sua despolimerização, o que culmina com o amaciamento dos frutos (VILAS-BOAS et al., 2000).

Há escassez de estudos científicos conduzidos no sentido de comparar o efeito que os sistemas de cultivo, orgânico e convencional, e tipos de amadurecimento, na planta e após a colheita, exercem sobre a qualidade de tomates, em especial sua textura, atributo intimamente associado ao seu potencial de conservação. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar parâmetros relacionados à firmeza de tomates amadurecidos na planta e após a colheita e cultivados, sob sistema orgânico e convencional.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Amostras

O experimento foi desenvolvido em propriedade rural localizada a 15 Km do município de Lavras/MG. Foram utilizados tomates de cinco cultivares tipo Santa Cruz (cultivares de polinização aberta: Santa Clara e Kada; cultivares híbridas: Bônus, Débora e Kombat), cultivados sob as mesmas condições em sistema de produção convencional e orgânico. Os tomates foram cultivados em estufa tipo capela, com as laterais teladas, irrigação por gotejamento e tutoramento vertical com fitilhos.

Os frutos foram analisados quando maduros (mais de 90% da superfície vermelha), considerando-se o amadurecimento na planta e após a colheita. Os tomates amadurecidos após a colheita foram colhidos no estágio “*breaker*” e armazenados por cerca de três dias à temperatura ambiente, 24°C (\pm 2°C) e 80% (\pm 5%) de UR até atingirem o estágio de maturação vermelho maduro.

Espaçamento e condução

- 1 m entre fileiras e 0,3 m entre plantas;
- plantas conduzidas com haste única;
- poda terminal com 6 cachos por plantas;
- raleio de frutos: máximo de 6 frutos em cada um dos 3 primeiros cachos e máximo de 4 frutos em cada um dos 3 últimos cachos.

Adubação

Foram utilizados os seguintes tratamentos e respectivas doses:

Pré-plantio: comum para os sistemas orgânico e convencional.

- 300 g/m² de calcário;

- 3000 g/m² (3kg/m²) de esterco de curral curtido;
- 100 g/m² de termofosfato magnésiano.

Plantio

- Orgânico: 400 g/m² de bokashi + 50 g/m² de fosfato de Araxá;
- Convencional: 80 g/m² de NPK 4-14-8;

Em Cobertura

- Orgânico (dividida em 2 aplicações): 180 g/m² de bokashi + 50 g/m² de fosfato de Araxá + 50 g/m² de sulfato duplo de potássio e magnésio;
- Cobertura complementar no orgânico: 100 g/m² de bokashi + 15 g/m² de sulfato duplo de potássio e magnésio ;
- Convencional (dividida em 2 aplicações): 35 g/m² de NPK 4-14-8;
- Cobertura complementar no convencional: 10 g/m² de sulfato de amônio + 10 g/m² de cloreto de potássio.

Tratos fitossanitários

- Orgânico: as pulverizações foram alternadas (12 semanas iniciais);
- 6 pulverizações com: calda bordalesa (0,5%) + óleo de nim (0,3%);
- 6 pulverizações com: Rocksil (silício, 1%) + controle biológico (Bacillus thuringiensis + Beauveria bassiana + Metarhizium anisopliae);

Convencional:

- 4 pulverizações com fungicidas protetores: Dithane/mancozebe (0,2%) + Oxicloreto de cobre (0,2%);
- 4 pulverizações com fungicida sistêmico: 2 com Ridomil/metalaxil-M (0,3%) e 2 com Rival/tebuconazol (0,1%);

- 2 pulverizações com inseticida de contato: Decis 25 CE/ deltametrina (0,05%);

- 2 pulverizações com inseticida sistêmico: Abamectin DVA 18 EC/abamectina (0,1%).

Os frutos foram colhidos em dois estádios de maturação (vermelho-maduro e *breaker*). Após a colheita foram transportados para o Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças (Departamento de Ciência dos Alimentos – Universidade Federal de Lavras – DCA/UFLA), onde foi realizada lavagem e seleção de acordo com a ausência de injúrias mecânicas e fisiológicas. Posteriormente, foi feita a sanificação com hipoclorito de sódio 100 mg.L^{-1} por 10 minutos.

Após sanificação, os tomates maduros na planta foram submetidos às análises e os frutos colhidos no estágio *breaker* foram acondicionados em bandejas abertas de poliestireno expandido e armazenado sob temperatura ambiente até completar o amadurecimento. Transcorrido esse período, as amostras foram submetidas às análises.

A parcela experimental foi constituída por 7 frutos.

2.2 Análises

As análises físicas e químicas foram realizadas no Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças (DCA/UFLA).

- **Atividade enzimática (pectinametilesterase e poligalacturonase):**

Pectinametilesterase (PME): a extração enzimática foi feita segundo técnica de Buescher e Furmanski (1978), com modificações (VILAS-BOAS et al., 2000). A determinação da atividade da PME seguiu as técnicas de Hultin, Sun e Bulger (1966) com modificações de Vilas-Boas et al. (2000). Uma

unidade de PME foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalisar a desmetilação de pectina correspondente ao consumo de 1 μ mol de NaOH por grama de polpa fresca.min.

- Poligalacturonase (PG): a extração da enzima poligalacturonase foi realizada segundo a técnica de Buescher e Furmanski (1978), com modificações de Vilas-Boas et al. (2000). A determinação foi conduzida de acordo com Hultin, Sun e Bulger (1996) e Rater, Goren e Monseline (1996), com modificações de Vilas-Boas et al. (2000). A atividade enzimática foi expressa em μ mol de ácido galacturônico por grama de polpa por minuto.

- Pectinas Total e Solúvel - extraídas de acordo com a técnica de McCready e McComb (1952), e determinadas, espectrofotometricamente, a 520 nm, segundo técnica de Blumenkrantz e Asboe-Hansen (1973). Os resultados foram expressos em mg de ácido galacturônico. g⁻¹ de polpa.

- Firmeza: foi determinada nos frutos após a retirada de finas camadas da epiderme, utilizando um penetrômetro Magness-Taylor, com sonda de 3 mm de diâmetro. As medições (em kgf) foram realizadas em quatro pontos com o vetor no sentido transversal de quatro frutos de cada bandeja, perfazendo 16 leituras por repetição.

2.3 Delineamento experimental e análise estatística

O experimento foi conduzido sob delineamento em blocos casualizados (DBC) com fatorial 5x2x2, sendo 5 cultivares (Santa Clara, Kada, Bônus, Débora e Kombat), 2 sistemas de cultivo (orgânico e convencional) e 2 tipos de maturação (maduro na planta e fora da planta) com 4 blocos (cada linha de plantio representou um bloco).

Na apresentação e discussão dos resultados, foi desconsiderado o efeito das cultivares sobre as variáveis, visto que o objetivo do trabalho não foi avaliar o efeito de cada cultivar isoladamente.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o *software* R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2010). A análise de variância foi realizada por meio do teste F (5%), para verificar a diferença entre os sistemas de cultivo e tipos de maturação. Quando significativo, a comparação de médias para esses tratamentos foi realizada por meio do teste de médias Scott-Knott a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A atividade das enzimas de degradação da parede celular, pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG) foi influenciada pelos tipos de maturação e sistemas de cultivo, sendo a interação entre esses fatores estatisticamente significativa ($p < 0,05$).

Nenhum efeito consistente do sistema de cultivo foi observado sobre a atividade da PME de tomates amadurecidos na planta ou após a colheita (Tabela 1). A PME também não foi afetada consistentemente pelo amadurecimento de tomates cultivados convencionalmente. Vilas-Boas et al. (2000) verificaram, em seu trabalho com tomates híbridos, que a PME não apresentou, em média, oscilações significativas durante o amadurecimento dos frutos, justificando a ausência de efeito consistente do tipo de amadurecimento. O autor justifica esse resultado pelo fato de que os frutos já haviam atingido o seu pico de atividade, tendo-se em vista a colheita no estágio “*breaker*” de amadurecimento.

Já nos tomates orgânicos, em quatro das cinco cultivares analisadas, a atividade dessa enzima foi maior nos frutos amadurecidos após a colheita. Os frutos quando destacados da planta mãe assumem um metabolismo ativo (VILAS-BOAS et al., 2000), acelerando as alterações que ocorrem durante o amadurecimento, sendo que uma das principais alterações está associada à textura do tecido vegetal que, pode ser influenciada pela ação da PME e PG, o que justifica a diferença entre o tipo de amadurecimento nos frutos analisados, não sendo essa justificativa válida para sistema de cultivo.

Tomates do sistema convencional e orgânico apresentaram maior atividade da PG (Tabela 2) quando amadurecidos após a colheita, em três cultivares e menor atividade da PG em duas das cinco cultivares analisadas. Por outro lado, o sistema orgânico determinou maior atividade da PG em duas cultivares, menor atividade, em uma, e nenhuma diferença foi observada entre

sistema orgânico e convencional, em duas das cinco cultivares analisadas. Logo, assume-se que sistemas de cultivo e amadurecimento não agiram consistentemente sobre a atividade da PG, nas diferentes cultivares estudadas.

Rezende et al. (2004) relatam que diferenças observadas na atividade enzimática da PME e PG entre algumas cultivares de tomate, como observado também neste experimento, se deve provavelmente, a um perfil de amadurecimento diferente entre elas, nas quais essas enzimas são liberadas pela parede celular de forma e em tempos diferentes, e também, devido à natureza das substâncias pécticas e outros componentes da estrutura da parede celular.

O amolecimento ou perda de firmeza da polpa resulta da solubilização das substâncias pécticas da parede celular pela ação da PME e PG, cujas atividades estão aumentadas no início do amadurecimento e na senescência e, sobretudo a PG que registra o seu pico no estágio vermelho maduro (FACHIN, 2003; FERREIRA et al., 2010; VILAS-BOAS et al., 2000).

Tabela 1 Atividade enzimática média da pectinametilesterase (μmol de ácido galacturônico g^{-1} de polpa $^{-1}$ minuto) em cinco cultivares de tomates sob sistemas de cultivo convencional e orgânico, amadurecidos na planta e após a colheita

Bônus		
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação	
	Planta	Fora da Planta
Convencional	220.00 b A	313.33 a A
Orgânico	200.00 b A	263.33 a B
Débora		
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação	
	Planta	Fora da Planta
Convencional	283.33 a A	256.67 a B
Orgânico	223.33 b B	323.33 a A
Kada		
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação	
	Planta	Fora da Planta
Convencional	273.33 a A	203.33 b B
Orgânico	246.67 b A	253.33 a A
Kombat		
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação	
	Planta	Fora da Planta
Convencional	200.00 a B	223.33 a A
Orgânico	250.00 a A	243.33 a A
Santa Clara		
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação	
	Planta	Fora da Planta
Convencional	230.00 a A	250.00 a B
Orgânico	150.00 b B	303.00 a A

*As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e pelas letras maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância para cada cultivar.

Tabela 2 Atividade enzimática média da poligalacturonase (μmol de ácido galacturônico g^{-1} de polpa $^{-1}$ minuto) em cinco cultivares de tomates sob sistemas de cultivo convencional e orgânico, amadurecidos na planta e após a colheita

Bônus		
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação	
	Planta	Fora da Planta
Convencional	102.78 b B	164.89 a A
Orgânico	270.47 a A	127.45 b A
Débora		
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação	
	Planta	Fora da Planta
Convencional	183.80 b B	248.81 a A
Orgânico	250.78 a A	160.51 b B
Kada		
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação	
	Planta	Fora da Planta
Convencional	158.62 b A	294.31 a A
Orgânico	156.81 b A	243.66 a A
Kombat		
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação	
	Planta	Fora da Planta
Convencional	217.72 a A	132.72 b B
Orgânico	152.45 b B	261.95 a A
Santa Clara		
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação	
	Planta	Fora da Planta
Convencional	275.67 a A	170.81 b B
Orgânico	222.41 b A	269.79 a A

*As médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas e pelas letras maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância para cada cultivar.

As variáveis, pectina total, pectina solúvel e solubilização pectica foram influenciadas significativamente ($p < 0,05$) pela interação entre os fatores estudados.

O sistema de cultivo influenciou as variáveis pectina total e pectina solúvel de tomates amadurecidos após a colheita, sendo que o sistema orgânico determinou as menores médias dessas variáveis em quatro das cinco cultivares analisadas (Tabelas 3 e 4). Não obstante, visto que as diferenças observadas nas médias de pectina total e pectina solúvel foram proporcionais, o percentual de solubilização pectica, determinado pela relação pectina solúvel/pectina total, não foi afetado pelo sistema de cultivo também em quatro das cinco cultivares analisadas (Tabela 5). Isso sugere que, a despeito dos teores de pectinas, o percentual de despolimerização pectica de tomates amadurecidos após a colheita é independente do sistema de cultivo.

Tabela 3 Teor médio de pectina total (mg de ácido galacturônico. g⁻¹ de polpa de tomate) em cinco cultivares de tomates sob sistemas de cultivo convencional e orgânico, amadurecidos na planta e após a colheita

Bônus		
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação	
	Planta	Fora da Planta
Convencional	521.08 a A	529.43 a A
Orgânico	328.82 b B	465.19 a B
Débora		
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação	
	Planta	Fora da Planta
Convencional	382.31 b B	657.32 a A
Orgânico	514.84 a A	553.84 a B
Kada		
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação	
	Planta	Fora da Planta
Convencional	425.85 b A	503.69 a B
Orgânico	388.96 b A	609.61 a A
Kombat		
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação	
	Planta	Fora da Planta
Convencional	394.04 b A	569.31 a A
Orgânico	422.05 a A	468.48 a B
Santa Clara		
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação	
	Planta	Fora da Planta
Convencional	535.69 b A	639.55 a A
Orgânico	372.73 b B	516.18 a B

*As médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas e pelas letras maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância para cada cultivar.

Tabela 4 Teor médio de pectina solúvel (mg de ácido galacturônico. g⁻¹ de polpa de tomate) em cinco cultivares de tomates sob sistemas de cultivo convencional e orgânico, amadurecidos na planta e após a colheita

Bônus		
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação	
	Planta	Fora da Planta
Convencional	146.56 a A	144.66 a A
Orgânico	145.46 a A	156.53 a A
Débora		
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação	
	Planta	Fora da Planta
Convencional	143.62 a B	151.95 a A
Orgânico	182.34 a A	124.09 b B
Kada		
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação	
	Planta	Fora da Planta
Convencional	137.79 b A	185.40 a A
Orgânico	115.07 b B	170.61 a B
Kombat		
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação	
	Planta	Fora da Planta
Convencional	109.68 b B	182.87 a A
Orgânico	201.96 a A	140.28 b B
Santa Clara		
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação	
	Planta	Fora da Planta
Convencional	200.18 a A	154.71 b A
Orgânico	110.60 b B	129.84 a B

*As médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas e pelas letras maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância para cada cultivar.

Tabela 5 Solubilização pécica (%) em cinco cultivares de tomates sob sistemas de cultivo convencional e orgânico, amadurecidos na planta e após a colheita

Bônus		
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação	
	Planta	Fora da Planta
Convencional	28.23 a B	27.46 a B
Orgânico	41.61 a A	34.02 b A
Débora		
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação	
	Planta	Fora da Planta
Convencional	38.44 a A	23.14 b A
Orgânico	35.45 a A	22.44 b A
Kada		
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação	
	Planta	Fora da Planta
Convencional	43.54 a A	28.75 b A
Orgânico	29.84 a B	28.01 a A
Kombat		
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação	
	Planta	Fora da Planta
Convencional	27.85 b B	32.25 a A
Orgânico	46.49 a A	29.94 b A
Santa Clara		
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação	
	Planta	Fora da Planta
Convencional	37.83 a A	24.19 b A
Orgânico	29.66 a B	25.13 b A

*As médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas e pelas letras maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância para cada cultivar.

Em relação aos tomates que completaram o amadurecimento na planta, o sistema de cultivo interferiu distintamente nos teores de pectina total, pectina solúvel e percentual de solubilização péctica de frutos das diferentes cultivares analisadas. Logo, a falta de um efeito sistemático sugere que o sistema de cultivo não afete tais variáveis em tomates amadurecidos na planta.

O tipo de amadurecimento afetou o teor de pectina total dos frutos, sendo este teor maior nos tomates amadurecidos após a colheita em quatro e três, das cinco cultivares analisadas, sob sistema de cultivo convencional e orgânico, respectivamente. Vale ressaltar que não foi observado, em nenhuma cultivar, maior teor de pectina total em tomates amadurecidos na planta. Portanto, sugere-se que os tomates amadurecidos após a colheita apresentaram teores mais elevados de pectina total.

Já o teor de pectina solúvel foi influenciado diferentemente pelo amadurecimento, nas diversas cultivares analisadas, tanto em tomates cultivados sob sistema orgânico, quanto convencional. Dessa forma, os dados obtidos não sugerem o efeito consistente do amadurecimento sobre o teor de pectina solúvel.

Com relação ao percentual de solubilização péctica, tomates amadurecidos na planta apresentaram, em três e quatro das cinco cultivares analisadas e submetidas ao sistema convencional e orgânico, respectivamente, maiores médias dessa variável em comparação aos amadurecidos após a colheita. Salienta-se que uma das cultivares submetidas ao sistema convencional apresentou tomates amadurecidos após a colheita com maior percentual de solubilização péctica.

A tendência, durante a maturação e amadurecimento dos frutos, é ocorrer redução no teor de pectina total com aumento no teor de pectina solúvel e solubilização, provocando o amaciamento dos frutos (FACHIN, 2003; FERREIRA et al., 2010; VILAS-BOAS et al., 2000).

O controle na degradação das substâncias pécticas, por conseguinte da solubilização da pectina e da contenção do amaciamento, está relacionado à menor atividade enzimática da PME, que promove a manutenção do grau de esterificação, dificultando a desmetilação do polímero péctico. Consequentemente reduz a ação subsequente da poligalacturonase, refletindo no controle do amaciamento da polpa do fruto (VILA et al., 2007).

O sistema de cultivo não influenciou a firmeza dos tomates, embora esta variável tenha sido afetada pelo tipo de amadurecimento ($p < 0,05$). Tomates amadurecidos na planta foram mais firmes que tomates amadurecidos após a colheita (Tabela 6).

Tabela 6 Valor médio de firmeza (kgF) em cinco cultivares de tomates amadurecidos na planta e após a colheita

Bônus	
Épocas de Maturação	Media
Planta	0.75 A
Fora da Planta	< 0,5 B
Débora	
Épocas de Maturação	Media
Planta	0.81 A
Fora da Planta	< 0,5 B
Kada	
Épocas de Maturação	Media
Planta	0.87 A
Fora da Planta	< 0,5 B
Kombat	
Épocas de Maturação	Media
Planta	0.78 A
Fora da Planta	< 0,5 B
Santa Clara	
Épocas de Maturação	Media
Planta	0.83 A
Fora da Planta	< 0,5 B

*As médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância para cada cultivar.

O amadurecimento de tomates é marcado pelo seu amaciamento, intimamente associado à despolimerização péctica promovida pela PG e consequente solubilização (VILAS-BOAS et al., 2000). Embora tenha se constatado que tomates amadurecidos na planta foram mais firmes que tomates amadurecidos após a colheita, não foi comprovado, neste trabalho, efeito sistemático do tipo de amadurecimento sobre a atividade da PG, nas cinco

cultivares analisadas. Contrariamente ao que era de se esperar, tomates amadurecidos na planta apresentaram maior solubilização péctica e menor teor de pectina total, o que sugeriria menor firmeza. Ressalta-se que foram analisados tomates já no estágio vermelho maduro. Visto que o amaciamento é o resultado final da solubilização péctica ditada pela PG, o efeito do tipo de amadurecimento observado sobre a variável firmeza pode ter sido diluído durante o amadurecimento para as enzimas de parede celular (PME e PG) e pectinas, não tendo sido observado nos tomates maduros. Uma análise dessas variáveis ao longo do amadurecimento seria útil na localização dos possíveis pontos de maior influência do tipo de amadurecimento sobre tais variáveis. Por outro lado, os menores valores de firmeza observados nos frutos amadurecidos após a colheita podem estar associados à perda de água dos frutos (FREITAS et al., 1998), visto que estes, após a colheita, ficaram expostos à temperatura ambiente até completarem o amadurecimento, não tendo mais a planta mãe para compensar as perdas d'água por transpiração.

Similaridade nos valores de firmeza relacionados ao sistema de cultivo, como observado no presente trabalho, também foram relatados por Borguini e Silva (2005), avaliando tomates da cultivar Débora e Carmem sob sistema de cultivo orgânico e convencional.

4 CONCLUSÃO

Uma análise conjunta dos dados obtidos, a partir do experimento com cinco cultivares diferentes de tomate, não permite afirmar que algumas das variáveis analisadas associadas à firmeza, são influenciadas sistemática e consistentemente pelo sistema de cultivo do vegetal (orgânico e convencional) e amadurecimento (na planta e após a colheita). Apesar disso, os tomates amadurecidos na planta apresentaram maior firmeza em comparação aos que completaram o amadurecimento após a colheita.

REFERÊNCIAS

- BICALHO, U. O. et al. Modificações texturais em mamões submetidos à aplicação pós-colheita de cálcio e embalagem de pvc. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, n. 1, p. 136-146, jan./mar. 2000.
- BLUMENKRANTZ, N.; ASBOE-HANSEN, G. New method for quantitative determination of uronic acids. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 54, p. 484-489, 1973.
- BORGUINI, R. G.; SILVA, M. V. Características físico-químicas e sensorias do tomate (*lycopersicon esculentum*) produzido por cultivo orgânico em comparação ao convencional. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 16, n. 4, p. 355-361, out./dez. 2005.
- BRACKMANN, A. et al. Armazenamento de tomate cultivar "Cronus" em função do estágio de maturação e da temperatura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 5, p. 73-86, out. 2007.
- BUESCHER, R. W.; FURMANSK, R. J. Role of pectinametilsterase and polygalacturonase in the formation of woollines on peaches. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 43, n. 1, p. 264-266, Jan./Feb. 1978.
- CARVALHO, J. I.; PAGLIUCA, L. G. Tomate: um mercado que não para de crescer globalmente. **Revista Hortifruti Brasil**, Piracicaba, n. 58, p. 6-14, jun. 2007.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.
- DAVIES, J. N.; HOBSON, G. E. The constituents of tomato fruit: the influence of environment, nutrition and genotype. **Critical Review Food Science Nutrition**, Boca Raton, v. 15, n. 1, p. 205-208, 1981.
- EMRICH, E. B. et al. Cultivo do tomateiro em substratos orgânicos sob aplicação foliar de silicato de potássio em ambiente protegido. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 1, p. 111-127, jan./fev. 2011.
- FACHIN, D. **Temperature and pressure inactivation of tomato pectinases: a kinetic study**. 2003. 133 p. Proefschrift (Doctoraats in de Toegepaste

Biologische Wetenschappen Door) - Katholieke Universiteit Leuven, Leuven, 2003.

FERREIRA, S. M. R. et al. Qualidade pós-colheita do tomate de mesa convencional e orgânico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 4, p. 858-864, out./dez. 2010.

FREITAS, J. A. et al. Padrão de amadurecimento e conservação pós-colheita de frutos de tomateiro, em função das diferentes constituições genótípicas no loco alcobaça. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 10, n. 3, p. 191-196, 1998.

HULTIN, H. O.; SUN, B.; BULGER, J. Pectin methyl esterases of the banana: purification and proprieties. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 31, n. 3, p. 320-327, May/June 1996.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.
Levantamento sistemático da produção agrícola. Disponível em:
<<http://www.ibge.gov.br/estatistica/indicadores/agropecuaria>>. Acesso em: 31 maio 2011.

MALACRIDA, C.; VALE, E. M.; BOGGIO, S. B. Postharvest chilling induces oxidative stress response in the dwarf tomato cultivar Micro-Tom. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 127, n. 1, p. 10-18, May 2006.

MCCREADY, P. M.; MCCOMB, E. A. Extraction and determination of total pectic material. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 24, n. 12, p. 1586-1591, 1952.

MOURA, M. L. et al. Efeito da atmosfera controlada na conservação de tomates colhidos em estágio intermediário de maturidade. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 56, n. 1, p. 135-142, 1999.

PRASANNA, V.; PRABHA, T. N.; THARANATHAN, R. N. Multiple forms of polygalacturonase from mango (*Mangifera indica* L. cv. Alphonso) fruit. **Food Chemistry**, London, v. 95, n. 1, p. 30-36, Jan. 2006.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2010. Software.

RATER, A.; GOREN, R.; MONSELINE, S. P. Activity of pectin esterase and cellulose in the abscission zone of citrus leaf explants. **Plant Physiology**, Rockville, v. 44, n. 12, p. 1717-1723, Dec. 1996.

RESENDE, J. M. et al. Atividade de enzimas pectinametilesterase e poligalacturonase durante o amadurecimento de tomates do grupo multilocular. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 206-212, abr./jun. 2004.

RICK, C. M. The potencial of exotic germplasm for tomato improvement. In: VASIL, I. K.; SCOWCROT, W. R.; FREY, H. J. (Ed.). **Plant improvement and somatic cell genetics**. New York: Academic, 1982. p. 478-495.

SEYMOUR, G. B.; LASSLET, Y.; TUCKER, G. A. Differential effects of pectolytic enzymes on tomato polyuronides in vivo and in vitro. **Phytochemistry**, Oxford, v. 26, n. 12, p. 3137-3139, Dec. 1987.

VILA, M. T. R. et al. Caracterização química e bioquímica de goiabas armazenadas sob refrigeração e atmosfera modificada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 58-72, set./out. 2007.

VILAS-BOAS, E. V. B. et al. Modificações texturais de tomates heterozigotos no loco alcobaça. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1447-1453, jul. 2000.

CAPÍTULO 3

Coloração e atividade antioxidante *in vitro* de tomates orgânicos e convencionais amadurecidos na planta e após a colheita

RESUMO

O objetivo proposto neste trabalho foi avaliar os parâmetros de qualidade relacionados à coloração e atividade antioxidante *in vitro* de tomates (*L. esculentum* Mil.) oriundos de cultivo orgânico e convencional amadurecidos na planta e após a colheita. Foram utilizadas cinco cultivares de tomate cultivados sob as mesmas condições em sistema protegido. A colheita foi realizada em dois estádios de maturação: vermelho maduro (fruto com maturação na planta) e verde-maturo (fruto que completou a maturação após a colheita). Foram realizadas as seguintes análises: coloração (valores L*, a*, b*), atividade antioxidante *in vitro*, pigmentos e compostos antioxidantes (licopeno, beta-caroteno, clorofila, compostos fenólicos e vitamina C). Os resultados encontrados apontam diferenças em algumas variáveis analisadas quanto ao sistema de cultivo e tipo de amadurecimento, entretanto essas diferenças variam de acordo com as cultivares. Os frutos amadurecidos após a colheita apresentaram maior teor de fenólicos, licopeno e β -caroteno, além de maiores valores a* e b*. Não houve diferenças estatísticas relevantes, considerando o número de cultivares, entre os sistemas de cultivo quanto ao teor de fenólicos, vitamina C, clorofila, valor L* e b*. Na variável valor a* foi constatada semelhança estatística entre os frutos orgânicos e convencionais. Os tomates orgânicos apresentaram atividade antioxidante mais elevada quando amadureceram na planta e apresentaram maior teor de β -caroteno quando amadurecidos após a colheita.

Palavras-chave: Tomate. Orgânico. Atividade antioxidante. Pigmentos.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the quality parameters related to color and *in vitro* antioxidant activity of tomatoes (*L. esculentum* A thousand.) from organic and conventional culture, ripened in the plant and in the post-harvest. Were used five tomato cultivars grown under the same conditions in protecting system. The harvest was carried through in two stages of ripening: mature red (fruit ripening on the plant) and mature green (fruit ripening in the post-harvest). The following analyses were performed: color (L^* , a^* , b^*), *in vitro* antioxidant activity, pigments and antioxidants compounds (lycopene, beta-carotene, chlorophyll, phenolic composites and vitamin C). The results show differences in some variables for the system of culture and type of ripening, but these differences vary according to the cultivars. The fruits ripened in the post-harvest presented higher levels of phenolics, β -carotene, lycopene and values a^* and b^* . There was no significant statistical differences, considering the number of cultivars, among the systems of culture to the levels of phenolic, vitamin C, chlorophyll, value L^* and b^* . In the variable value a^* was evidenced similarity statistical between the organic and conventional fruits. The organic tomatoes had higher antioxidant activity when ripened on the plant and higher contend of β -carotene when they ripened in the post-harvest.

Keywords: Tomato. Organic. Antioxidant activity. Pigments.

1 INTRODUÇÃO

Os produtos orgânicos, inicialmente consumidos por uma pequena parcela da população, atualmente têm conquistado espaço no mercado consumidor. Há uma tendência de aumento nesse consumo, ante a taxa de crescimento de 20% ao ano. Pesquisas mostram que consumidores citam a preocupação com a saúde como principal motivação para consumir alimentos orgânicos (CARVALHO; PAGLIUCA, 2007).

Aumento no consumo de frutas e hortaliças tem se dado principalmente em decorrência do seu valor nutritivo e efeitos terapêuticos. Esses alimentos contêm diferentes fitoquímicos, muitos dos quais possuem propriedades antioxidantes (LIMA; MELO; LIMA, 2002; SIQUEIRA; OETTERER; REGINATO-D'ARCE, 1997). Dentre estes, o tomate tem assumido o *status* de alimento funcional, considerando-se as evidências epidemiológicas que o apontam como sendo responsável pela redução do risco de certos tipos de câncer. O fruto contém substâncias antioxidantes como ácido ascórbico, licopeno, β -caroteno e compostos fenólicos, que exercem papel preventivo, especialmente contras as doenças crônicas não transmissíveis (BORGUINI; SILVA, 2005).

Estudos epidemiológicos mostraram relação entre o consumo de frutas e hortaliças e a proteção contra vários tipos de câncer, doenças isquêmicas e diabetes. A importância dos flavonoides como antioxidantes tem sido relatada em algumas pesquisas, tanto em dietas como em terapias de suplementação antioxidante (MELO et al., 2006; PIENIZ et al., 2009; SOARES; ANDREAZZA; SALVADOR, 2005).

Entre os antioxidantes presentes nos vegetais, os mais ativos e frequentemente encontrados são os compostos fenólicos. As propriedades

benéficas desses compostos podem ser atribuídas à sua capacidade de sequestrar os radicais livres (DECKER, 1997).

As vitaminas C, E e os carotenoides são considerados excelentes antioxidantes, capazes de sequestrar os radicais livres com grande eficiência. A vitamina C (ácido ascórbico) é, geralmente, consumida em grandes doses pelos seres humanos, sendo adicionada a muitos produtos alimentares para inibir a formação de metabólitos nitrosos carcinogênicos (SHAMI; MOREIRA, 2004).

Os carotenoides são substâncias muito investigadas como agentes quimiopreventivos, funcionando como antioxidantes em sistemas biológicos. Algumas das principais fontes de carotenoides são tomates e produtos derivados, como extrato, polpa e molhos, nos quais os carotenoides presentes são o β -caroteno e o licopeno respectivamente. 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 (SHAMI; MOREIRA, 2004).

O tomate é considerado um fruto de alto potencial antioxidante por possuir em sua composição o carotenoide licopeno (MARTINEZ-VALVERDE et al., 2002). Segundo Melo et al. (2006), o extrato metanólico do tomate é mais eficaz no sequestro de radicais livres que a couve-flor, couve folha, batata e espinafre, sendo o seu percentual de inibição, aos 15 min da reação, superior a 70%, evidenciando ação estatisticamente semelhante ao antioxidante sintético BHT.

Um importante fator de qualidade no tomate é o estado fisiológico, que está relacionado com o estágio de maturação do fruto, pois é ele que define o ponto de colheita. A cor do fruto sugere as mudanças de sabor, textura e aroma, decorrentes do processo de maturação (SILVA; GIORDANO, 2000). Durante o processo de maturação do tomate ocorrem diversas alterações, principalmente

relacionadas ao sabor, coloração e textura dos frutos (MALACRIDA; VALE; BOGGIO, 2006).

A modificação na coloração do tomate é devida ao metabolismo de pigmentos. No processo de maturação dos frutos ocorre a degradação da clorofila, pigmento que fornece coloração verde ao tecido vegetal, concomitante ao surgimento de pigmentos pré-existentes e/ou síntese de novos pigmentos que fornecem a coloração característica dos frutos. Em tomates, há intensa degradação de clorofila durante o amadurecimento, com síntese gradual de licopeno (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A mudança de coloração do tomate é considerada como índice de colheita. Desde que o fruto tenha completado seu desenvolvimento fisiológico, esteja “de vez”, poderá ser colhido, mesmo que se apresente com a coloração verde clara. O ponto de colheita determina maior ou menor resistência do fruto ao manuseio, sua capacidade de completar a maturação, sua aparência e qualidade (FERREIRA; FREITAS; LAZZARI, 2004). Portanto, a coloração é o principal atributo de qualidade que serve de parâmetro para o consumidor.

Visto a importância da qualidade sensorial relacionada à coloração e da atividade antioxidante dos frutos do tomateiro, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a ação do sistema de cultivo orgânico e convencional e amadurecimento na planta e após a colheita sobre a coloração e atividade antioxidante *in vitro* de cinco cultivares de tomates (*L. esculentum* Mil).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Amostras utilizadas

O experimento foi desenvolvido em propriedade rural localizada a 15 km do município de Lavras/MG. Foram utilizados tomates de cinco cultivares tipo Santa Cruz (cultivares de polinização aberta: Santa Clara e Kada; cultivares híbridas: Bônus, Débora e Kombat), cultivados sob as mesmas condições em sistema de produção convencional e orgânico. Os tomates foram cultivados em estufa tipo capela, com as laterais teladas, irrigação por gotejamento e tutoramento vertical com fitilhos.

A análise dos frutos foi executada quando maduros (mais de 90% da superfície vermelha), considerando-se o amadurecimento na planta e após a colheita. Os tomates amadurecidos após a colheita foram colhidos no estágio “*breaker*” e armazenados por cerca de três dias à temperatura ambiente, em torno de 24°C e 80% de UR até atingirem o estágio de maturação vermelho maduro.

Espaçamento e condução

- 1 m entre fileiras e 0,3 m entre plantas;
- plantas conduzidas com haste única;
- poda terminal com 6 cachos por plantas;
- raleio de frutos: máximo de 6 frutos em cada um dos 3 primeiros cachos e máximo de 4 frutos em cada um dos 3 últimos cachos.

Adubação

Foram utilizados os seguintes tratamentos e respectivas doses:

Pré-plantio: comum para os sistemas orgânico e convencional.

- 300 g/m² de calcário;
- 3000 g/m² (3kg/m²) de esterco de curral curtido;
- 100 g/m² de termofosfato magnesiano;

Plantio

- Orgânico: 400 g/m² de bokashi + 50 g/m² de fosfato de Araxá;
- Convencional: 80 g/m² de NPK 8-28-16;

Em Cobertura

- Orgânico (dividida em 2 aplicações): 180 g/m² de bokashi + 50 g/m² de fosfato de Araxá + 50 g/m² de sulfato duplo de potássio e magnésio;
- Cobertura complementar no orgânico: 100 g/m² de bokashi + 15 g/m² de sulfato duplo de potássio e magnésio;
- Convencional (dividida em 2 aplicações): 35 g/m² de NPK 8-28-16
- Cobertura complementar no convencional: 10 g/m² de sulfato de amônio + 10 g/m² de cloreto de potássio.

Tratos fitossanitários

Orgânico: as pulverizações foram alternadas (12 semanas iniciais).

- 6 pulverizações com: calda bordalesa (0,5%) + óleo de nim (0,3%);
- 6 pulverizações com: Rocksil (silício, 1%) + controle biológico (Bacillus thuringiensis + Beauveria bassiana + Metarhizium anisopliae);

Convencional:

- 4 pulverizações com fungicidas protetores: Dithane/mancozebe (0,2%) + Oxidocloreto de cobre (0,2%);
- 4 pulverizações com fungicida sistêmico: 2 com Ridomil/metalaxil-M (0,3%) e 2 com Rival/tebuconazol (0,1%);

- 2 pulverizações com inseticida de contato: Decis 25 CE/ deltametrina (0,05%);

- 2 pulverizações com inseticida sistêmico: Abamectin DVA 18 EC/abamectina (0,1%);

Após a colheita os tomates foram transportados para o Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças (Departamento de Ciência dos Alimentos – Universidade Federal de Lavras – DCA/UFLA), onde foi realizada lavagem e seleção de acordo com a ausência de injúrias mecânicas e fisiológicas. Posteriormente foi feita a sanificação com hipoclorito de sódio 100 mg.L^{-1} por 10 minutos.

Após sanificação, os tomates maduros na planta foram submetidos às análises e os frutos colhidos no estágio *breaker* foram acondicionados em bandejas abertas de poliestireno expandido e armazenados sob temperatura ambiente em torno de 24°C e 80% de UR até completar o amadurecimento. Transcorrido esse período, as amostras foram submetidas às análises.

A parcela experimental foi constituída por 7 frutos.

2.2 Análises

As análises físicas e químicas foram realizadas no Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças (DCA/UFLA).

- Fenólicos: foram analisados a partir de 0,6-1,5g de amostra com 10 mL de metanol puro em agitação por 20 minutos e centrifugação a 4.000 rpm por 20 minutos. Em seguida, foi realizada a reação colorimétrica, com solução de vanilina a 1% em metanol e 8% de HCl em metanol na proporção de 1:1 e com incubação a 30°C por 20 minutos. Então, a partir de 1 mL de extrato e 5 mL de solução de vanilina, foi realizada a leitura a 500 nm em espectrofotômetro,

obtendo-se assim a concentração de taninos a partir de curva padrão de catequina, sendo os resultados expressos em $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ (PRICE; HAGERMAN; BUTLER, 1980).

- Vitamina C – o teor de ácido ascórbico (após a oxidação a ácido dehidroascórbico) foi determinado pelo método colorimétrico, utilizando-se 2,4 dinitrofenilhidrazina, segundo Strohecker e Henning (1967). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100g de polpa.

- Atividade Antioxidante “*in vitro*” – a metodologia foi baseada na extinção da absorção do radical 2,2-difenil-1-picril hidrazil (DPPH $60\mu\text{M}$) segundo Rufino et al. (2007). Para a obtenção dos extratos do tomate foram utilizados 5g das amostras, que foram homogeneizadas com 40 mL de metanol 50%, sendo o homogeinato deixado em repouso por 60 minutos e centrifugado (15000 rpm) por 15 minutos. Os sobrenadantes foram transferidos para um balão volumétrico de 100 mL. A esse resíduo foi adicionado 40 mL de acetona 70%, em seguida foi homogeneizado, deixado em repouso por 60 minutos à temperatura ambiente e centrifugado (15.000 rpm) durante 15 minutos. Os sobrenadantes foram transferidos para um balão volumétrico e completado o volume com 100 mL de água destilada. Para a determinação da atividade antioxidante, foi utilizada uma alíquota de 0,1 mL do extrato obtido, que foi transferido para um tubo de ensaio, em ambiente escuro, e adicionado 3,9 mL do radical DPPH (0,06 mM) e homogeneizado em agitador de tubos. As leituras (515 nm) foram monitoradas a cada minuto, onde foi observada a redução da absorbância até sua estabilização. Após a leitura, substituiu-se o valor correspondente à metade da absorbância inicial do controle pelo y da equação da curva do DPPH, encontrando o consumo em μM DPPH e, em seguida, foi transformada para g DPPH.

Equivalência de controle e DPPH:

$y = ax - b$, onde:

$$y = (\text{Absorbância inicial do controle}) - (\text{Absorbância inicial da amostra}) / 2$$

x = resultado em μM DPPH

Obs.: convertido para g DPPH, através da transformação:

$$\text{g DPPH} = (\mu\text{M DPPH} / 1.000.000) * 394,3 \text{ (peso molecular do DPPH).}$$

Os resultados foram expressos em g do fruto.g DPPH⁻¹.

- Licopeno e β -caroteno: Determinados espectrofotometricamente segundo metodologia de Nagata e Yamashita (1992). No preparo das amostras foram extraídos discos cortados da região equatorial dos frutos, removendo-se a epiderme. Amostras de 1g foram colocadas em tubos de ensaio e trituradas por um minuto em homogeneizador com 10 ml de mistura acetona-hexano (4:6). O extrato sobrenadante foi usado para leitura da absorbância em espectrofotômetro UV-190, em quatro comprimentos de onda: 453, 505, 645 e 663 nm. Os resultados foram expressos em mg.100g^{-1} . Os cálculos das concentrações de licopeno e β -caroteno foram feitos segundo as seguintes equações:

$$\text{Licopeno} = -0,0458 A_{663} + 0,204 A_{645} + 0,372 A_{505} - 0,0806 A_{453}$$

$$\beta\text{-caroteno} = 0,216 A_{663} + 1,22 A_{645} - 0,304 A_{505} - 0,452 A_{453}$$

- Clorofila total - determinada em 10g de material (fruto), triturado em homogeneizador de tecidos tipo politron com 40 ml de acetona P.A., filtrando-se em seguida. A leitura da absorbância do extrato foi efetuada a 652nm e os resultados expressos em mg.100g^{-1} , segundo a equação adotada por Engel e Poggiani (1991).

- Coloração (valores L* a* e b*) - medidos por refratometria, utilizando-se colorímetro marca Minolta, modelo CR 400, onde a coordenada L* indica quão claro e quão escuro é o produto (valor zero cor preta e valor 100 cor branca), a coordenada a* está relacionada à intensidade de verde (-80) a vermelho (+100) e a coordenada b* está relacionada à intensidade de azul (-50) e amarelo (+70).

2.3 Delineamento experimental e análise estatística

O experimento foi conduzido sob delineamento em blocos casualizados (DBC) com fatorial $5 \times 2 \times 2$, sendo 5 cultivares (Santa Clara, Kada, Bônus, Débora e Kombat), 2 sistemas de cultivo (orgânico e convencional) e 2 formas de amadurecimento (na planta e após a colheita), com 4 blocos (cada linha de plantio representou um bloco).

Na apresentação e discussão dos resultados, foi desconsiderado o efeito das cultivares sobre as variáveis, visto que o objetivo do trabalho não foi avaliar o efeito de cada cultivar isoladamente.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o *software* R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2010). A análise de variância foi realizada por meio do teste F (5%), para verificar a diferença entre os sistemas de cultivo e tipos de amadurecimento. Quando significativo, a comparação de médias para esses tratamentos foi realizada por meio do teste de médias Scott-Knott a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de fenólicos sofreu alteração significativa ($p < 0,05$) em função da interação dos fatores, sistemas de cultivo e tipos de amadurecimento (Tabela 1). No sistema convencional de cultivo, os tomates de três cultivares apresentaram maior concentração de fenólicos quando maduros após a colheita, embora nenhuma diferença tenha sido observada entre as duas cultivares. Nos frutos orgânicos, esse teor foi mais elevado em três cultivares também amadurecidos após a colheita e em duas cultivares amadurecidos na planta. Sugere-se, portanto, que não existe um efeito consistente do tipo de amadurecimento sobre o teor de fenólicos de tomates orgânicos, embora tomates convencionais amadurecidos após a colheita tendam a apresentar maior teor de fenólicos.

Nos frutos amadurecidos na planta, em três cultivares o teor de fenólicos foi semelhante, em uma foi maior nos orgânicos e outra nos frutos convencionais. Os frutos com maturação pós-colheita mostraram teor de fenólicos mais elevados em duas cultivares no sistema orgânico e duas no sistema convencional. Os resultados obtidos permitem sugerir que não há diferenças relevantes quanto ao teor de fenólicos entre tomates orgânicos e convencionais. Borguini e Silva (2005), Nassur (2009) e Toor, Savag e Heeb (2006), observaram teor de fenólicos superior em tomates orgânicos em comparação aos convencionais, justificando que a concentração fenólica de tomates pode aumentar em função da utilização de adubos orgânicos. Vale ressaltar que em tais trabalhos apenas uma cultivar foi analisada, e que na presente pesquisa foram avaliadas cinco cultivares, dessas duas apresentaram maior teor de fenólicos também nos frutos orgânicos.

Tabela 1 Teor de fenólicos (mg. 100 g⁻¹) em cinco cultivares de tomates sob sistemas de cultivo convencional e orgânico, amadurecidos na planta e após a colheita

Bônus					
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação				
	Planta			Pós-colheita	
Convencional	31,53	a	B	33,71	a A
Orgânico	43,36	a	A	32,93	b A
Débora					
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação				
	Planta			Pós-colheita	
Convencional	25,31	b	A	47,87	a B
Orgânico	23,31	b	A	54,66	a A
Kada					
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação				
	Planta			Pós-colheita	
Convencional	40,63	a	A	42,88	a B
Orgânico	35,34	b	B	53,72	a A
Kombat					
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação				
	Planta			Pós-colheita	
Convencional	42,98	b	A	49,05	a A
Orgânico	44,06	a	A	38,89	b B
Santa Clara					
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação				
	Planta			Pós-colheita	
Convencional	36,38	b	A	52,82	a A
Orgânico	33,92	b	A	45,94	a B

*As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e pelas letras maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância para cada cultivar.

O teor de vitamina C foi influenciado significativamente ($p < 0,05$) pela interação dos fatores estudados (Tabela 2).

Frutos convencionais amadurecidos na planta apresentaram maior teor de vitamina C em duas cultivares e teor semelhante estatisticamente em duas cultivares. Nos tomates orgânicos, o teor vitamínico foi semelhante em duas cultivares e maior nos frutos com maturação na planta em duas cultivares. Sugere-se, portanto que não há efeito consistente do amadurecimento sobre o teor de vitamina C dos tomates.

Quanto ao sistema de cultivo, nos frutos maduros na planta, o teor de vitamina C foi superior em duas cultivares no sistema orgânico e duas no sistema convencional. Para os frutos maduros após a colheita, observou-se teor mais elevado em duas cultivares no sistema orgânico e teor semelhante em duas cultivares.

Diante dos resultados descritos acima, sugere-se que não há diferenças relevantes no teor de vitamina C entre sistema de cultivo orgânico e convencional. Nassur (2009) encontrou teor de vitamina C maior na cultivar San Vito de tomates orgânicos que nos convencionais. Borguini e Silva (2005) também observaram teores mais elevados de vitamina C no cultivo orgânico de tomates da cultivar Carmem. Toor, Savag e Heeb (2006) registraram teor de ácido ascórbico 29% maior nos tomates orgânicos comparados aos convencionais.

O teor médio de vitamina C obtido nas amostras analisadas estão acima do valor médio (34 mg/100g) registrado para tomate nacional, na Tabela de Composição Nutricional de Hortaliças elaborada pela Embrapa Hortaliças (LUENGO; CALBO, 2001).

Tabela 2 Vitamina C ($\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$) em cinco cultivares de tomates sob sistemas de cultivo convencional e orgânico, amadurecidos na planta e após a colheita

Bônus					
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação				
	Planta		Pós-colheita		
Convencional	50,61	a A	37,35	b B	
Orgânico	36,62	b B	40,95	a A	
Débora					
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação				
	Planta		Pós-colheita		
Convencional	47,35	a B	32,08	b A	
Orgânico	51,92	a A	34,59	b A	
Kada					
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação				
	Planta		Pós-colheita		
Convencional	44,36	a A	45,89	a B	
Orgânico	47,04	a A	50,13	a A	
Kombat					
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação				
	Planta		Pós-colheita		
Convencional	30,09	b B	35,87	a A	
Orgânico	45,39	a A	36,38	b A	
Santa Clara					
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação				
	Planta		Pós-colheita		
Convencional	41,09	a A	42,84	a A	
Orgânico	36,03	a B	36,99	a B	

*As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e pelas letras maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância para cada cultivar.

A atividade antioxidante foi afetada significativamente pela interação dos fatores estudados ($p < 0,05$) (Tabela 3). Não foi observado efeito consistente do tipo de amadurecimento sobre a atividade antioxidante dos tomates. Os frutos do sistema convencional apresentaram maior atividade antioxidante, em duas cultivares, quando os frutos amadureceram após a colheita, nas demais cultivares foi observada semelhança estatística. Nos frutos orgânicos, a atividade antioxidante foi semelhante em duas cultivares e maior após a colheita também em duas cultivares. Giovanelli et al. (1999) relatam que tomates amadurecidos após a colheita apresentaram teor mais elevado de componentes antioxidantes. Javanmardi e Kubota (2006) relatam que não houve alteração significativa na atividade antioxidante durante sete dias após a colheita de tomates. Esses resultados relacionam-se com os obtidos neste trabalho em virtude da inexistência de efeito consistente do amadurecimento sobre a atividade antioxidante. Tomates orgânicos apresentaram maior atividade antioxidante em quatro cultivares, quando amadurecidos na planta. Resultado semelhante foi encontrado por Nassur (2009), onde tomates orgânicos Sant Vito apresentaram maior atividade antioxidante que os frutos convencionais. Toor, Savag e Heeb (2006) verificaram a influência de diferentes tipos de fertilizantes convencionais sobre os principais componentes antioxidantes de tomates. Os autores registraram que, devido à maior disponibilidade de nitrogênio e ao maior crescimento das plantas adubadas com soluções minerais, a produção de metabólitos secundários, que estão envolvidos na defesa da planta, foi reduzida e esta diminuição pode ter resultado na menor atividade antioxidante observada para os tomates convencionais, correlacionado com os resultados obtidos no presente trabalho. Já nos frutos amadurecidos após a colheita não foi observado efeito consistente do sistema de cultivo sobre a atividade antioxidante. Em duas das cultivares analisadas, a atividade antioxidante foi maior no sistema orgânico, assim como também em duas cultivares nos frutos convencionais.

Tabela 3 Atividade antioxidante (g fruto⁻¹.g de DPPH) em cinco cultivares de tomates sob sistemas de cultivo convencional e orgânico, amadurecidos na planta e após a colheita

Bônus			
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação		
	Planta	Pós-colheita	
Convencional	0,21 a B	0,21	a B
Orgânico	0,27 b A	0,34	a A
Débora			
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação		
	Planta	Pós-colheita	
Convencional	0,22 a A	0,18	a B
Orgânico	0,14 b B	0,62	a A
Kada			
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação		
	Planta	Pós-colheita	
Convencional	0,23 a B	0,27	a A
Orgânico	0,49 a A	0,29	b A
Kombat			
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação		
	Planta	Pós-colheita	
Convencional	0,14 b B	0,53	a A
Orgânico	0,19 a A	0,22	a B
Santa Clara			
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação		
	Planta	Pós-colheita	
Convencional	0,15 b B	0,73	a A
Orgânico	0,21 a A	0,23	a B

*As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e pelas letras maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância para cada cultivar.

O teor de licopeno foi afetado significativamente pela interação dos fatores estudados ($p < 0,05$) (Tabela 4). Tanto os frutos do sistema orgânico quanto do sistema convencional apresentaram maior teor de licopeno em quatro cultivares quando o amadurecimento ocorreu após a colheita. Resultado semelhante foi relatado por Javanmard e Kubota (2006), que observaram que tomates amadurecidos após a colheita apresentaram maior teor de licopeno que tomates amadurecidos na planta. De acordo com Vilas-Boas et al. (1999), a síntese de licopeno se dá mais intensamente quando os frutos passam a adquirir a coloração avermelhada. Os dados analisados confirmam coloração vermelha intensa e uniforme nos frutos maduros após a colheita.

A concentração de licopeno aumenta com a maturidade dos tomates quando os cloroplastos mudam para cromoplastos e a síntese de licopeno aumenta, ocasionando desenvolvimento da cor vermelha (ANESE et al., 2002). Giovanalli et al. (1999) avaliando dois genótipos de tomates maduros na planta e após a colheita, observaram aumento no teor de licopeno no último estágio de maturação avaliado, estágio no qual os frutos do presente experimento foram analisados.

O sistema de cultivo não afetou de maneira consistente o teor de licopeno dos frutos analisados. Os tomates orgânicos amadurecidos na planta apresentaram maior teor de licopeno em duas das cultivares analisadas, assim também como semelhança estatística em duas cultivares. Na maturação pós-colheita, os frutos orgânicos apresentaram teores mais elevados em três das cultivares, e em duas cultivares esse teor foi mais elevado nos frutos sob cultivo convencional. Borguini e Silva (2005) encontraram semelhança estatística no conteúdo de licopeno entre os frutos da cultivar Carmem nos sistemas orgânico e convencional. Nassur (2009) relata menor teor de licopeno nos tomates orgânicos da cultivar San Vito em comparação aos convencionais. Esses dados são semelhantes ao observado em algumas das cinco cultivares analisadas neste

trabalho. Thompson et al. (2000) registraram teores de licopeno entre 2,72 e 5,79 mg/100g para diversas cultivares de tomates.

O teor de β -caroteno foi afetado significativamente pela interação dos fatores estudados ($p < 0,05$) (Tabela 5). Os tomates amadurecidos após a colheita, orgânicos e convencionais, apresentaram, em geral, maior teor de β -caroteno que os frutos amadurecidos na planta. Esse resultado assemelha-se ao observado neste experimento em relação aos teores de licopeno. Portanto, acredita-se que os pigmentos associados à coloração característica dos tomates sejam mais evidentes nos frutos com maturação pós-colheita.

Não foi observado efeito consistente do sistema de cultivo sobre o teor de β -caroteno nos frutos amadurecidos na planta. Não obstante, observou-se uma tendência de maior teor de β -caroteno nos frutos orgânicos amadurecidos após a colheita. Nassur (2009), em sua pesquisa com tomates orgânicos e convencionais, amadurecidos na planta, não constatou diferença estatística entre os diferentes sistemas de cultivo.

Tabela 4 Teor de licopeno (mg. 100 g⁻¹) em cinco cultivares de tomates sob sistemas de cultivo convencional e orgânico, amadurecidos na planta e após a colheita

Bônus					
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação				
	Planta		Pós-colheita		
Convencional	1,55	a B	1,78	a B	
Orgânico	2,35	b A	3,27	a A	
Débora					
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação				
	Planta		Pós-colheita		
Convencional	2,04	b A	3,32	a A	
Orgânico	2,07	b A	2,86	a B	
Kada					
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação				
	Planta		Pós-colheita		
Convencional	1,20	b B	1,80	a B	
Orgânico	3,45	a A	2,73	b A	
Kombat					
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação				
	Planta		Pós-colheita		
Convencional	2,23	b A	4,82	a A	
Orgânico	1,98	b A	3,85	a B	
Santa Clara					
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação				
	Planta		Pós-colheita		
Convencional	2,22	b A	2,77	a B	
Orgânico	1,82	b B	3,37	a A	

*As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e pelas letras maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância para cada cultivar.

Tabela 5 Teor de β -caroteno (mg. 100 g⁻¹) em cinco cultivares de tomates sob sistemas convencional e orgânico, amadurecidos na planta e após a colheita

Bônus					
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação				
	Planta		Pós-colheita		
Convencional	0,32	a B	0,16	b B	
Orgânico	0,45	b A	0,59	a A	
Débora					
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação				
	Planta		Pós-colheita		
Convencional	0,14	b B	0,49	a A	
Orgânico	0,3	b A	0,51	a A	
Kada					
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação				
	Planta		Pós-colheita		
Convencional	0,33	a A	0,34	a B	
Orgânico	0,81	a B	0,58	b A	
Kombat					
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação				
	Planta		Pós-colheita		
Convencional	0,59	b A	0,73	a A	
Orgânico	0,61	b A	0,75	a A	
Santa Clara					
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação				
	Planta		Pós-colheita		
Convencional	0,37	b A	0,50	a B	
Orgânico	0,37	b A	0,66	a A	

*As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e pelas letras maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância para cada cultivar.

O teor de clorofila foi afetado significativamente pela interação dos fatores estudados ($p < 0,05$). Entretanto, tipo de amadurecimento e sistema de cultivo não exerceram efeito consistente sob o teor de clorofila total nos tomates analisados. Observa-se que no sistema convencional o teor de clorofila foi maior nos frutos maduros fora da planta em três cultivares, já no sistema orgânico esse teor foi maior em três cultivares nos frutos amadurecidos na planta.

Nos frutos amadurecidos na planta, em duas cultivares o sistema de cultivo convencional apresentou teor mais elevado de clorofila, sendo que, também em duas cultivares o sistema orgânico mostrou maior teor desse pigmento. Nos frutos amadurecidos após a colheita esse teor foi mais elevado em três cultivares no sistema convencional e em duas cultivares no orgânico. Os resultados apontam que houve diferenças quanto ao teor de clorofila, entretanto não se pode sugerir em qual sistema de cultivo ou tipo de maturação o teor desse pigmento foi menor ou maior.

Tabela 6 Teor de clorofila (mg. 100 g⁻¹) em cinco cultivares de tomates sob sistemas convencional e orgânico, amadurecidos na planta e após a colheita

Bônus						
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação					
	Planta			Pós-colheita		
Convencional	0,06	b	B	0,10	a	A
Orgânico	0,11	a	A	0,05	b	B
Débora						
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação					
	Planta			Pós-colheita		
Convencional	0,114	a	A	0,032	b	B
Orgânico	0,116	a	A	0,059	b	A
Kada						
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação					
	Planta			Pós-colheita		
Convencional	0,055	b	A	0,094	a	A
Orgânico	0,028	b	B	0,054	a	B
Kombat						
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação					
	Planta			Pós-colheita		
Convencional	0,039	b	B	0,112	a	A
Orgânico	0,119	a	A	0,058	b	B
Santa Clara						
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação					
	Planta			Pós-colheita		
Convencional	0,098	a	A	0,072	b	B
Orgânico	0,056	b	B	0,157	a	A

*As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e pelas letras maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância para cada cultivar.

Em relação à coloração, no valor L* foi observada diferença estatística significativa ($p < 0,05$) apenas para a interação entre tipos de maturação/cultivar e sistema de cultivo/cultivar, sendo que não houve interação tripla entre os fatores estudados, assim como também entre tipos de maturação e sistema de cultivo.

Analisando a interação entre tipos de maturação e cultivar, observa-se que apenas na cultivar Koda o valor L* diferiu estatisticamente, sendo esse maior nos frutos maduros após a colheita. Portanto, sugere-se que os tipos de maturação estudados não interferem no valor L* dos tomates.

Em relação ao sistema de cultivo, observa-se que em três cultivares o valor L* foi semelhante e em duas cultivares esse valor foi maior nos frutos convencionais, indicando que esses frutos apresentaram-se mais claros que os orgânicos.

Diante desses resultados, sugere-se que não houve diferenças relevantes e consistentes no valor L* entre os tipos de amadurecimento e sistemas de cultivo.

Tabela 7 Valor L* em cinco cultivares de tomates amadurecidos na planta e após a colheita

Bônus	
Tipos de Maturação	Média
Planta	42,863 A
Pós-colheita	42,648 A
Débora	
Tipos de Maturação	Média
Planta	42,681 A
Pós-colheita	43,337 A
Kada	
Tipos de Maturação	Média
Planta	41,638 B
Pós-colheita	43,768 A
Kombat	
Tipos de Maturação	Média
Planta	43,552 A
Pós-colheita	43,702 A
Santa Clara	
Tipos de Maturação	Média
Planta	43,79 A
Pós-colheita	43,567 A

*As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância para cada cultivar.

Tabela 8 Valor L* em cinco cultivares de tomates orgânicos e convencionais

Bônus	
Sistemas de Cultivo	Média
Convencional	43,275 A
Orgânico	42,236 B
Débora	
Sistemas de Cultivo	Média
Convencional	43,405 A
Orgânico	42,613 A
Kada	
Sistemas de Cultivo	Média
Convencional	42,885 A
Orgânico	42,527 A
Kombat	
Sistemas de Cultivo	Média
Convencional	44,22 A
Orgânico	43,034 B
Santa Clara	
Sistemas de Cultivo	Média
Convencional	43,449 A
Orgânico	43,909 A

*As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância para cada cultivar.

Para o valor a^* , a interação entre os fatores estudados não foi significativa, sendo observada diferença estatística ($p < 0,05$) nas cultivares e nos tipos de maturação, isoladamente.

As cultivares Kombat e Débora apresentaram valor a^* maior que as demais, sugerindo que essas cultivares apresentam maior intensidade de coloração vermelha.

Quanto ao tipo de maturação, os tomates que apresentaram maior intensidade na coloração avermelhada foram os que completaram o amadurecimento após a colheita. Esse resultado é confirmado pelos resultados obtidos neste experimento para licopeno, onde teores mais elevados desses pigmentos foram observados nos frutos com maturação após a colheita.

Tabela 9 Valor a^* em cinco cultivares de tomates

Cultivares	Médias	
Santa Clara	19,2925	C
Bônus	21,3825	B
Kada	22,0908	B
Kombat	23,49417	A
Débora	24,5842	A

*As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância para cada cultivar.

Tabela 10 Valor a^* em tomates amadurecidos na planta e após a colheita

Tipos de Maturação	Médias	
Planta	20,538	B
Pós-colheita	23,7997	A

*As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância para cada cultivar.

O valor b^* foi influenciado significativamente ($p < 0,05$) pela interação tripla dos fatores estudados. Tanto os frutos orgânicos quanto os convencionais apresentaram maior valor b^* quando completaram o amadurecimento após a colheita. Esse resultado é semelhante ao observado para o valor a^* , e pode estar associado ao teor mais elevado de β -caroteno, cuja coloração varia do amarelo a alaranjado, relatado nesse experimento para frutos com maturação fora da planta.

Quanto ao sistema de cultivo, nos frutos amadurecidos na planta, o valor b^* foi semelhante estatisticamente em quatro das cultivares analisadas. Nos frutos amadurecidos após a colheita em duas cultivares esse valor foi maior nos frutos convencionais. Portanto, sugere-se que não há diferenças relevantes no valor b^* entre os tomates orgânicos e convencionais.

Os resultados observados para os valores a^* e b^* se relacionam com os resultados obtidos para os teores de licopeno e β -caroteno. De acordo com Silva et al. (2011), o processo de amadurecimento dos frutos do tomateiro está relacionado à degradação das moléculas de clorofila, ocorrendo simultaneamente a síntese de β -caroteno, seguida pela de licopeno. Teores mais elevados desses pigmentos observados nos frutos amadurecidos após a colheita, associados a maiores valores a^* e b^* , podem estar relacionados à elevada produção de etileno após a colheita dos frutos. O tomate é um fruto climatérico no qual o processo de amadurecimento, que envolve além de outras alterações a biossíntese de carotenoides, é regulado pelo etileno (BRACKMAN et al., 2007; KRAMMES et al., 2003). Além disso, a perda de água, que provavelmente ocorreu nesses frutos, também contribuiu para o acúmulo desses pigmentos, realçando a intensidade de sua coloração.

Tabela 11 Valor b* em cinco cultivares de tomates sob sistema de cultivo convencional e orgânico, amadurecidos na planta e após a colheita

Bônus			
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação		
	Planta		Pós-colheita
Convencional	16,954	b A	19,587 a A
Orgânico	11,557	b A	19,127 a A
Débora			
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação		
	Planta		Pós-colheita
Convencional	18,277	b A	19,974 a A
Orgânico	17,124	b A	21,154 a A
Kada			
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação		
	Planta		Pós-colheita
Convencional	17,004	b A	21,044 a A
Orgânico	16,413	b A	19,34 a B
Kombat			
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação		
	Planta		Pós-colheita
Convencional	18,0867	b A	20,29 a B
Orgânico	18,1467	b A	21,79 a A
Santa Clara			
Sistemas de cultivo	Tipos de Maturação		
	Planta		Pós-colheita
Convencional	17,314	b A	19,964 a A
Orgânico	13,864	b B	17,947 a B

*As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e pelas letras maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância para cada cultivar.

4 CONCLUSÃO

Os resultados encontrados apontam diferenças em algumas variáveis analisadas quanto ao sistema de cultivo e tipo de maturação, entretanto essas diferenças variam de acordo com as cultivares.

Frutos amadurecidos após a colheita apresentam maiores teores de fenólicos, licopeno e beta-caroteno e maiores valores a^* e b^* , que aqueles amadurecidos na planta, independente do sistema de cultivo.

Os tomates orgânicos apresentam atividade antioxidante mais elevada quando amadurecidos na planta e maior teor de β -caroteno quando amadurecidos após a colheita.

REFERÊNCIAS

- ANESE, M. et al. Effect of equivalent thermal treatments on the color and the antioxidant activity of tomato purees. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 67, n. 9, p. 3442-3446, Sept. 2002.
- BORGUINI, R. G.; SILVA, M. V. Características físico-químicas e sensoriais do tomate (*Lycopersicon esculentum*) produzido por cultivo orgânico em comparação ao convencional. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 16, n. 4, p. 355-361, out./dez. 2005.
- BRACKMANN, A. et al. Armazenamento de tomate cultivar "Cronus" em função do estágio de maturação e da temperatura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 5, p. 125-138, out. 2007.
- CARVALHO, J. I.; PAGLIUCA, L. G. Tomate: um mercado que não para de crescer globalmente. **Revista Hortifruti Brasil**, Piracicaba, n. 58, p. 6-14, jun. 2007.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.
- DECKER, E. A. Phenolics: prooxidants or antioxidants? **Nutrition Reviews**, New York, v. 55, n. 11, p. 396-407, Nov. 1997.
- ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 3, n. 1, p. 39-45, jan./mar. 1991.
- FERREIRA, S. M. R.; FREITAS, R. J. S.; LAZZARI, E. N. Padrão de identidade e qualidade do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) de mesa. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 38-54, jan./fev. 2004.
- GIOVANELLI, G. et al. Variation in antioxidant components of tomato during vine and post-harvest ripening. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 79, n. 12, p. 1583-1588, Sept. 1999.

JAVANMARDI, J.; KUBOTA, C. Variation of lycopene, antioxidant activity, total soluble solids and weight loss of tomato during postharvest storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 41, p. 151-155, Aug. 2006.

KRAMMES, J. G. et al. Uso do 1-metilciclopropeno para retardar a maturação de tomate. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 4, p. 611-614, out./dez. 2003.

LIMA, V. L. A. G.; MELO, E. A.; LIMA, D. E. S. Fenólicos e carotenóides totais em pitanga. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 3, p. 117-130, 2002.

LUENGO, R. F. A.; CALBO, A. G. **Armazenamento de hortaliças**. Brasília: EMBRAPA Hortaliças, 2001. 129 p.

MALACRIDA, C.; VALE, E. M.; BOGGIO, S. B. Postharvest chilling induces oxidative stress response in the dwarf tomato cultivar Micro-Tom. **Physiology Plantarum**, Copenhagen, v. 127, n. 1, p. 10-18, May 2006.

MARTINEZ-VALVERDE, I. et al. Phenolic compounds, lycopene and antioxidant activity in commercial varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum*). **Journal of the Science Food and Agriculture**, London, v. 82, n. 8, p. 323-330, June 2002.

MELO, E. A. et al. Capacidade antioxidante de hortaliças usualmente consumidas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 639-644, jul./set. 2006.

NAGATA, M.; YAMAHSITA, I. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. **Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaish**, Tokyo, v. 39, n. 10, p. 925-928, 1992.

NASSUR, R. C. M. R. **Qualidade pós-colheita de tomates tipo italiano produzido em sistema orgânico**. 2009. 116 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

PIENIZ, S. et al. Avaliação in vitro do potencial antioxidante de frutas e hortaliças. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 138-150, mar./abr. 2009.

PRICE, M. L.; HAGERMAN, A. E.; BUTLER, L. G. Tannin content of cowpeas, chickpeas, pigeonpeas and mung beans. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 28, n. 2, p. 459-461, Feb. 1980.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2010. Software.

RUFINO, M. S. M. et al. **Metodologia científica**: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Fortaleza: EMBRAPA, 2007. 4 p. (Comunicado Técnico, 127).

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

SILVA, E. et al. Teores de B-caroteno e licopeno em função das doses de fósforo e potássio em frutos de diferentes genótipos de tomateiro industrial. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, p. 75-88, Mar. 2011.

SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. **Tomate para processamento industrial**. Brasília: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia; EMBRAPA Hortaliças, 2000. 168 p.

SIQUEIRA, F. M.; OETTERER, M.; REGINATO-D'ARCE, M. B. Nutrientes antioxidantes. **Boletim SBCTA**, Campinas, v. 31, n. 2, p. 192-199, 1997.

SOARES, D. G.; ANDREAZZA, A. C.; SALVADOR, M. Avaliação de compostos com atividade antioxidante em células da levedura *Saccharomyces cerevisiae*. **Revista Brasileira de Ciência e Farmacologia**, São Paulo, v. 41, n. 1, p. 63-77, 2005.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Análisis de vitaminas**: metodos comprobados. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428 p.

THOMPSON, K. A. et al. Cultivar Maturity and heat trataments on the lycopene contend in the tomatoes. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 65, n. 5, p. 791-795, Sept. 2000.

TOOR, R. K.; SAVAG, G. P. HEEB Influence of different type of fertilizers of major antioxidant components of tomatoes. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 19, n. 1, p. 20-27, Jan. 2006.

VILAS-BOAS, E. V. B. et al. Influência do alelo alcobaça em heterozigose sobre a vida-de-prateleira e qualidade pós-colheita de tomates. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 3, p. 560-657, jul./set. 1999.

CAPÍTULO 4

Sabor de tomates orgânicos e convencionais amadurecidos na planta e após a colheita

RESUMO

Objetivou-se neste trabalho avaliar sensorialmente tomates (*L. esculentum* Mill) orgânicos e convencionais, cultivados nas mesmas condições, maduros na planta, e avaliar parâmetros físico-químicos relacionados ao sabor de tomates (*L. esculentum* Mill) sob sistema orgânico e convencional maduros na planta e após a colheita. Foram utilizadas cinco cultivares de tomates sob as mesmas condições de cultivo em sistema protegido. A colheita foi realizada em dois estádios de maturação: vermelho maduro (fruto com maturação na planta) e verde maduro (fruto que completou a maturação após a colheita). As análises físico-químicas realizadas foram: sólidos solúveis totais, açúcares solúveis totais, acidez titulável e pH. Na análise sensorial foi aplicado o teste triangular com 20 consumidores. Tomates que completaram o amadurecimento na planta apresentam maior teor de açúcares solúveis totais e maior acidez que os frutos amadurecidos após a colheita. Os tomates orgânicos apresentam algumas diferenças relacionadas ao sabor, como menor acidez e maior teor de açúcares solúveis totais. Entretanto, essa diferença não foi estatisticamente constatada pelos julgadores na análise sensorial.

Palavras-chave: Tomate. Sensorial. Orgânico. Amadurecimento.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate organic and conventional tomatoes (*L. esculentum* Mill), cultivated in the same conditions, ripened in the plant, and evaluate physico-chemical parameters related to the flavor of tomatoes (*L. esculentum* Mill) under organic and conventional system ripened in the plant and in the post-harvest. Were used five tomato cultivars grown under the same conditions in protecting system. The harvest was carried through in two stages of ripening: mature red (fruit ripening in the plant) and mature green (fruit ripening in the post-harvest). The physico-chemical analyses were: total soluble solids, total soluble sugars, titratable acidity e pH. In the sensorial analysis the triangular test with 20 consumers was applied. Tomatoes that completed the ripening in the plant present higher acidity and total soluble sugars content than the fruits ripened in the post-harvest. The organic tomatoes show some differences related to the flavor, as lower acidity and higher content of total soluble sugars. However, this difference was not statistical evidenced by the judges in the sensorial analysis.

Keywords: Tomato. Sensorial. Organic. Ripening.

1 INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Lycopersicon* spp.) é uma importante hortaliça, não só em termos de produção, como também, em valor econômico, sendo uma das mais consumidas e industrializadas (SILVA et al., 2008). O tomate ocupa lugar de destaque na mesa do consumidor, o que o leva a promissora perspectiva para evolução da cultura, tendo em vista os constantes aumentos na demanda (CARVALHO; PAGLIUCA, 2007). Concomitante a esses fatores, o tomateiro é tido como uma excelente oportunidade de negócio e grande desafio para a produção orgânica (BORGUINI; SILVA, 2005).

Nos últimos anos, a preocupação do homem com a qualidade e a segurança dos alimentos vem crescendo. Por essa razão, na escolha dos alimentos, os consumidores cada vez mais levam em consideração os riscos alimentares que os produtos podem oferecer como as práticas higiênicas, os riscos microbiológicos, os métodos de produção, as aplicações de pesticidas, o uso da biotecnologia e várias outras inovações tecnológicas (PENTEADO, 2000).

Há um potencial mercado para os produtos orgânicos, relacionado principalmente à resistência de uma parcela da população em manter a aquisição e consumo de alguns alimentos convencionais como o tomate, morango e batata, cujo cultivo conhecidamente envolve o emprego de quantidades substanciais de adubos sintéticos e pesticidas (PENTEADO, 2000). Entretanto, há escassez de bases científicas para alegações de superioridade feitas para a produção orgânica.

A composição dos frutos varia muito nas referências de acordo com a cultivar e as condições de cultivo (BORGUINI; SILVA, 2005). A presença de concentrações adequadas de açúcares solúveis e ácidos orgânicos determina o desenvolvimento do sabor do fruto e afeta diretamente a qualidade do produto.

As cultivares comerciais de tomate têm entre 1,5 e 4,5% de açúcares na matéria fresca, isto é, cerca de 65% dos sólidos solúveis totais (HOBSON; DAVIES, 1971).

Os sólidos solúveis, além de serem determinados geneticamente em cada cultivar, são influenciados pela adubação, temperatura e irrigação. Quanto maior os teores de sólidos solúveis (°Brix), maior rendimento industrial e menor gasto de energia no processo de concentração da polpa (SILVA; GIORDANO, 2000).

Alguns trabalhos foram conduzidos para estudar a diferença entre alimentos cultivados no sistema orgânico e convencional, contudo ainda há divergência e a maioria dos estudos não envolvem as mesmas condições de cultivo. Segundo Ferreira et al. (2010a), tomates de mesa do sistema convencional apresentam maior massa, volume e uma tendência a maior peso específico, açúcares redutores em relação aos do sistema orgânico; os frutos do sistema orgânico apresentam uma tendência a maior valor de pH, cinzas e maior relação de SST/ATT; nas amostras dos sistemas de cultivo convencional e orgânico não são evidenciadas grandes diferenças no teor de sólidos solúveis totais; os frutos mais maduros, independente do sistema de cultivo, tendem a apresentar menor acidez e mais açúcares redutores; os tomates colhidos na primeira florada apresentam maior massa; e os da última florada apresentam relação SST/ATT superior a 14,5.

Pesquisas realizadas no Oeste da Alemanha e descritas por Borguini, Oetterer e Silva (2003), visando analisar as diferenças de qualidade entre tomate orgânico e convencional, apontaram que o grau de crescimento e maturidade fisiológica da colheita apresenta significativo efeito sobre alguns nutrientes, entre eles o teor de açúcar, o que justifica um melhor sabor do produto orgânico em razão da maior doçura.

O “*flavor*” dos frutos do tomateiro está intimamente ligado aos ácidos orgânicos, açúcares e compostos voláteis (BALDWIN et al., 2000; MARCONI;

FLORIDI; MONTANARI, 2000). Tandon et al. (2003) observaram que tomates descritos como saborosos foram caracterizados por altos teores de açúcares, sólidos solúveis, compostos voláteis aromáticos e baixas quantidades de ácidos orgânicos. Malundo, Shewfelt e Scott (1995) sugeriram que existe uma concentração ácida ótima em tomates preferida para melhor qualidade do sabor, no qual concentrações mais altas afetariam negativamente a aceitabilidade dos consumidores. Ambos os estudos concordam que o aroma característico do tomate está relacionado aos compostos orgânicos voláteis.

Os compostos orgânicos voláteis são sintetizados a partir de vários precursores incluindo aminoácidos, lipídios e carotenoides, porém enquanto algumas das vias de síntese são conhecidas, para a maioria dos compostos voláteis há carência de embasamentos científicos (TIEMAN et al., 2006). Alguns estudos sugerem que diferentes padrões de pigmentação em tomate, levam a diferentes grupos de compostos voláteis influenciando diretamente as propriedades aromáticas e o sabor dos frutos (LEWINSOHN et al., 2005).

Diante da divergência de resultados e da escassez de pesquisas científicas que envolvam as mesmas condições de cultivo de produtos orgânicos, dentre os quais o tomate têm se destacado, os objetivos propostos neste experimento foram avaliar sensorialmente tomates amadurecidos na planta, oriundos de cinco cultivares cultivadas em sistema orgânico e convencional e avaliar parâmetros físicos e químicos relacionados ao sabor de tomates de cinco cultivares submetidos aos sistemas orgânico e convencional de produção, numa mesma área, e amadurecidos na planta e após a colheita.

2 METODOLOGIA

2.1 Amostras utilizadas

O experimento foi desenvolvido em propriedade rural localizada a 15 km do município de Lavras/MG. Foram utilizados tomates de cinco cultivares tipo Santa Cruz (cultivares de polinização aberta: Santa Clara e Kada; cultivares híbridas: Bônus, Débora e Kombat), cultivados, nas mesmas condições de solo e clima, sob sistema de produção convencional e orgânico. Os tomates foram cultivados em estufa tipo capela, com as laterais teladas, irrigação por gotejamento e tutoramento vertical com fitilhos.

A análise dos frutos foi executada quando maduros (mais de 90% da superfície vermelha), considerando-se o amadurecimento na planta e após a colheita. Os tomates amadurecidos após a colheita foram colhidos no estágio “*breaker*” e armazenados por cerca de três dias à temperatura ambiente, em torno de 24°C e 80% de UR até atingirem o estágio de maturação vermelho maduro.

Espaçamento e condução

- 1 m entre fileiras e 0,3 m entre plantas;
- plantas conduzidas com haste única;
- poda terminal com 6 cachos por plantas;
- raleio de frutos: máximo de 6 frutos em cada um dos 3 primeiros cachos e máximo de 4 frutos em cada um dos 3 últimos cachos.

Adubação

Foram utilizados os seguintes tratamentos e respectivas doses:

Pré-plantio: comum para os sistemas orgânico e convencional.

- 300 g/m² de calcário;
- 3000 g/m² (3kg/m²) de esterco de curral curtido;
- 100 g/m² de termofosfato magnesiano;

Plantio

- Orgânico: 400 g/m² de bokashi + 50 g/m² de fosfato de Araxá;
- Convencional: 80 g/m² de NPK 4-14-8

Em Cobertura

- Orgânico (dividida em 2 aplicações): 180 g/m² de bokashi + 50 g/m² de fosfato de Araxá + 50 g/m² de sulfato duplo de potássio e magnésio;
- Cobertura complementar no orgânico: 100 g/m² de bokashi + 15 g/m² de sulfato duplo de potássio e magnésio;

- Convencional (dividida em 2 aplicações): 35 g/m² de NPK 4-14-8
- Cobertura complementar no convencional: 10 g/m² de sulfato de amônio + 10 g/m² de cloreto de potássio.

Tratos fitossanitários

Orgânico: as pulverizações foram alternadas (12 semanas iniciais).

- 6 pulverizações com: calda bordalesa (0,5%) + óleo de nim (0,3%);
- 6 pulverizações com: Rocksil (silício, 1%) + controle biológico (Bacillus thuringiensis + Beauveria bassiana + Metarhizium anisopliae);

Convencional:

- 4 pulverizações com fungicidas protetores: Dithane/mancozebe (0,2%) + Oxiclreto de cobre (0,2%);

- 4 pulverizações com fungicida sistêmico: 2 com Ridomil/metalaxil-*M* (0,3%) e 2 com Rival/tebuconazol (0,1%);
- 2 pulverizações com inseticida de contato: Decis 25 CE/deltametrina (0,05%);
- 2 pulverizações com inseticida sistêmico: Abamectin DVA 18 EC/abamectina (0,1%);

Após a colheita os tomates foram transportados para o Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças (Departamento de Ciência dos Alimentos – Universidade Federal de Lavras – DCA/UFLA), onde foi realizada lavagem e seleção de acordo com a ausência de injúrias mecânicas e fisiológicas. Posteriormente foi feita a sanificação com hipoclorito de sódio 100 mg.L^{-1} por 10 minutos.

Após sanificação, os tomates amadurecidos na planta foram submetidos às análises e os frutos colhidos no estádio *breaker* foram acondicionados em bandejas abertas de poliestireno expandido e armazenados sob temperatura ambiente em torno de 24°C e 80% de UR até completar o amadurecimento. Transcorrido esse período, as amostras foram submetidas às análises.

A parcela experimental foi constituída por 7 frutos.

2.2 Análises físicas e químicas

As análises físicas e químicas foram realizadas no Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças (DCA/UFLA):

Sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$) – foi feita em refratômetro digital ATAGO PR-100, com compensação automática de temperatura automática a 25°C . Os resultados foram expressos em $^{\circ}\text{Brix}$, segundo técnica da *Association of Official Agricultural Chemists* - AOAC (2000).

Açúcares solúveis totais: extraídos com álcool etílico a 80% e determinados pelo método de Antrona (DISCHE, 1962) com os resultados expressos em g de glicose por 100g do fruto.

pH – obtido por potenciometria com eletrodo indicador de vidro, utilizando um pHmetro Schott Handylab, segundo a técnica da AOAC (2000).

Acidez titulável (% ácido cítrico) – determinada por titulação com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1N FC 0,98, tendo como indicador fenolftaleína, de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (1985).

2.3 Delineamento experimental e análise estatística

O experimento foi conduzido sob delineamento em blocos casualizados (DBC) com fatorial 5x2x2, sendo 5 cultivares (Santa Clara, Kada, Bônus, Débora e Kombat), 2 sistemas de cultivo (orgânico e convencional) e 2 tipos de maturação (amadurecidos na planta e fora da planta) com 4 blocos (cada linha de plantio representou um bloco).

Na apresentação e discussão dos resultados, foi desconsiderado o efeito das cultivares sobre as variáveis, visto que o objetivo do trabalho não foi avaliar o efeito de cada cultivar isoladamente.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando do *software* R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2010). A análise de variância foi realizada por meio do teste F (5%), para verificar a diferença entre os sistemas de cultivo e tipos de maturação. Quando significativo, a comparação de médias para esses tratamentos foi realizada por meio do teste de médias Scott-Knott a 5% de probabilidade.

2.4 Análise Sensorial

A análise sensorial foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial dos Alimentos (Departamento de Ciência dos Alimentos/Universidade Federal de Lavras- DCA/UFLA). Foi aplicado o teste discriminativo triangular.

Na análise sensorial deste trabalho foram utilizadas cinco cultivares de tomates cultivados organicamente e convencionalmente com os frutos amadurecidos na planta. Os testes foram realizados com 20 consumidores para cada cultivar. Foram apresentadas simultaneamente três amostras codificadas, sendo duas iguais e uma diferente, ou seja, duas amostras convencionais e uma orgânica ou vice versa. Coube ao julgador identificar a amostra diferente. As amostras de tomate foram oferecidas em recipientes descartáveis de cor branca, dotados de suportes codificados com três dígitos numéricos e cortados em fatias longitudinais. O modelo da ficha utilizada nessa análise encontra-se no Anexo B.

A interpretação do resultado foi baseada no número total de julgamentos versus o número de julgamentos corretos. Quando o número de julgamentos corretos é maior ou igual ao valor tabelado (Anexo C), conclui-se que existe diferença significativa entre as amostras no nível de probabilidade correspondente. Caso contrário conclui-se que não existe diferença estatística significativa entre as amostras (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 1993).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo interativo dos fatores: sistema de produção e tipo de amadurecimento sobre a variável sólidos solúveis ($p < 0,05$) (Tabela 1).

O sistema de cultivo não interferiu consistentemente no teor de sólidos solúveis de tomates amadurecidos na planta ou após a colheita. Tomates orgânicos amadurecidos na planta ou após a colheita também não diferiram quanto essa variável. Já o amadurecimento após a colheita determinou maior concentração de sólidos solúveis em tomates convencionais, em três das cinco cultivares avaliadas.

Toor, Savag e Heeb (2006) não identificaram diferenças significativas entre os teores de sólidos solúveis de tomates cultivados sob sistema orgânico e convencional. Ferreira et al. (2010b) também observaram semelhanças no teor de SS entre tomates orgânicos e convencionais. Logo, os resultados do presente trabalho são concordantes com os dos autores citados.

Martinez-Valverde et al. (2002) avaliaram nove diferentes cultivares de tomate produzidos na Espanha e registraram teores de sólidos solúveis totais entre 4,0 e 7,5 Brix. Os resultados encontrados neste experimento estão de acordo com o observado por estes autores.

Nos sólidos solúveis totais, estão os principais componentes que dão o sabor ao fruto do tomateiro e que influenciam na escolha do consumidor e no rendimento industrial (GIORDANO et al., 2000).

Tabela 1 Valores médios de sólidos solúveis (°Brix) em cinco cultivares de tomates sob sistemas de cultivo convencional e orgânico maduros na planta e fora da planta

Bônus		
Sistemas de cultivo	Épocas de Maturação	
	Planta	Fora da Planta
Convencional	4.66 a A	5.33 a A
Orgânico	4.00 a A	4.66 a A
Débora		
Sistemas de cultivo	Épocas de Maturação	
	Planta	Fora da Planta
Convencional	4.00 b A	6.00 a A
Orgânico	5.00 a B	4.66 a B
Kada		
Sistemas de cultivo	Épocas de Maturação	
	Planta	Fora da Planta
Convencional	4.33 b A	5.33 a A
Orgânico	4.00 a A	4.66 a A
Kombat		
Sistemas de cultivo	Épocas de Maturação	
	Planta	Fora da Planta
Convencional	3.67 b A	5.67 a A
Orgânico	4.00 a A	4.66 a B
Santa Clara		
Sistemas de cultivo	Épocas de Maturação	
	Planta	Fora da Planta
Convencional	5.00 a A	5.00 a A
Orgânico	5.00 a A	5.67 a A

*As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e pelas letras maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância para cada cultivar.

O teor de açúcares solúveis totais foi afetado estatisticamente pela interação entre maturação e sistema de cultivo ($p < 0,05$) (Tabela 2). No sistema de cultivo convencional, os frutos amadurecidos na planta apresentaram maior teor de açúcares solúveis totais em três cultivares. Os frutos do sistema orgânico apresentaram teor de açúcares solúveis semelhante estatisticamente em três cultivares, nas demais, esse teor foi maior nos frutos amadurecidos na planta. Sugere-se, portanto, que os frutos amadurecidos na planta apresentam maior teor de açúcares solúveis que os frutos amadurecidos após a colheita, o que pode ser atribuído à maior assimilação desses metabólitos fotossintéticos na planta, assim como também ao consumo desses componentes no processo respiratório dos frutos após a colheita. Moura et al. (2005) justificam a alteração no teor de açúcares solúveis de tomates pela utilização preferencial desses componentes durante a intensificação da respiração no processo de amadurecimento dos frutos.

O sistema de cultivo interferiu diferentemente sobre o teor de açúcares solúveis totais nas cinco cultivares analisadas. Portanto, os dados obtidos não permitem afirmar que o sistema de cultivo exerce efeito consistente sobre o teor de açúcares solúveis totais.

A qualidade do tomate está diretamente relacionada ao teor de açúcares e de ácidos orgânicos. Moura et al. (2005) relatam que o teor de açúcares solúveis totais no tomate Santa Clara aumentou com o estágio de maturidade atingindo valores de 23,78 mg de glicose.g⁻¹ de matéria fresca.

Tabela 2 Teor médio de açúcares solúveis totais (g de glicose. g⁻¹ de fruto) em cinco cultivares de tomates sob sistemas de cultivo convencional e orgânico maduros na planta e fora da planta

Bônus		
Sistemas de cultivo	Épocas de Maturação	
	Planta	Fora da Planta
Convencional	2.87 a A	1.64 b B
Orgânico	2.73 a A	2.55 a A
Débora		
Sistemas de cultivo	Épocas de Maturação	
	Planta	Fora da Planta
Convencional	3.64 a B	2.43 b B
Orgânico	4.18 a A	3.83 b A
Kada		
Sistemas de cultivo	Épocas de Maturação	
	Planta	Fora da Planta
Convencional	2.61 a A	2.24 b A
Orgânico	2.11 a B	2.18 a A
Kombat		
Sistemas de cultivo	Épocas de Maturação	
	Planta	Fora da Planta
Convencional	2.38 a B	2.11 a A
Orgânico	3.60 a A	2.29 b A
Santa Clara		
Sistemas de cultivo	Épocas de Maturação	
	Planta	Fora da Planta
Convencional	2.58 b A	2.64 a A
Orgânico	2.39 a A	2.41 a A

*As médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas linhas e pelas letras maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância para cada cultivar.

Para as variáveis pH e AT houve efeito significativo nos tipos de maturação e sistemas de plantio isoladamente (tabelas 3 e 4), sendo que a interação entre os fatores não foi significativa. O pH e a acidez são fatores de extrema importância quando se analisa o nível de aceitação de um produto pelo consumidor, pois frutos excessivamente ácidos são rejeitados para o consumo (BORGUINI; SILVA, 2005).

Os tomates amadurecidos após a colheita apresentaram maior pH e menor acidez. Na maioria dos frutos a acidez tende a diminuir com o avanço da maturação, decorrente do consumo de ácidos orgânicos no ciclo de Krebs, no processo respiratório ou na conversão de ácidos em açúcares na gliconeogênese (KAYS, 1997).

Os tomates orgânicos apresentaram pH mais elevado e menor acidez que os convencionais. Portanto, sugere-se que tais frutos são menos ácidos que os convencionais. Borguini e Prescott (2002) e Ferreira et al. (2010b) relatam que as amostras analisadas cultivadas no sistema orgânico apresentaram pH mais elevado, quando comparados ao sistema convencional, resultados semelhantes aos observados neste trabalho. Os referidos autores afirmam que a baixa acidez é característica importante para a aceitação do produto.

Tabela 3 Valores médios de pH e AT em tomates maduros na planta e após a colheita

Tipos de Maturação		pH
Fora da Planta		4.8 a
Na Planta		4.2 b
Tipos de Maturação		AT
Fora da Planta		0.385 b
Planta		0.398 a

*As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

Tabela 4 Valores médios de pH e AT em tomates orgânicos e convencionais

Sistemas de Plantio	pH
Convencional	4.44 b
Orgânico	4.53 a
Sistemas de Plantio	AT
Convencional	0.395 a
Orgânico	0.388 b

*as médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância.

Toor, Savag e Heeb (2006) encontraram valores de pH 4,4 e 3,9, respectivamente para os tomates que receberam adubação convencional e orgânica, ao contrário do que observado no presente trabalho. Anese et al. (2002) identificaram pH 4,28 para tomates. Thompson et al. (2000) registraram pH entre 3,91 e 4,34 para diversas cultivares de tomates. Ferreira et al. (2010b), avaliando a qualidade pós-colheita de tomates de mesa orgânicos e convencionais encontraram valores de pH entre 4,25 a 4,53, o qual ficou próximo a 4,28 registrado por Cliff et al. (2009).

Os resultados obtidos neste trabalho referentes à acidez são semelhantes aos relatados por Borguini e Silva (2005) em tomates orgânicos da cultivar Débora, onde foi observado 0,37% e 0,36% de ácido cítrico, respectivamente. Os dados apresentados por Borguini e Silva (2005) mostram que há superioridade do teor de AT para o cultivo orgânico, na cultivar Débora, quando comparado ao cultivo convencional. O contrário foi verificado para a cultivar Carmem, que apresentou maior acidez para os frutos produzidos convencionalmente. Ferreira et al. (2010b) encontraram valores de acidez titulável de 0,20 e 0,21 em tomates convencionais e orgânicos, respectivamente. Esses dados são contraditórios aos obtidos no presente trabalho, ressaltando-se que as cultivares analisadas foram cultivadas sob as mesmas condições de solo e clima, o que aumenta a confiabilidade dos resultados.

Por meio da interpretação dos resultados obtidos na análise sensorial, realizada com tomates amadurecidos na planta, como descrita na metodologia, do teste sensorial discriminativo triangular executado neste experimento, pode-se constatar que não houve diferença sensorial estatística significativa entre os tomates cultivados sob os sistemas orgânico e convencional (Tabela 5). Logo, sensorialmente, tomates orgânicos não diferem de tomates produzidos convencionalmente. De fato, não foram observados efeitos sistemáticos do sistema de cultivo sobre as variáveis sólidos solúveis e açúcares solúveis totais, importantes determinantes do sabor de tomates. As diferenças observadas no pH e acidez não foram suficientes para sensibilizar diferentemente o paladar dos provadores.

Existem divergências em relação à diferença nos atributos sensoriais entre tomates orgânicos e convencionais. Algumas pesquisas com aplicação de testes sensoriais mais detalhados foram conduzidas na comparação entre tomates orgânicos e convencionais. Borguini e Silva (2005) compararam a cor de tomates das cultivares Débora e Carmen por escala hedônica, cultivados nos sistemas convencional e orgânico, colhidos no estágio vermelho. No referido trabalho os julgadores não identificaram diferença significativa ao nível de 5%. Segundo o autor, a homogeneidade das notas atribuídas pelos provadores pode ser atribuída ao estágio de maturação e uniformidade das amostras. Ferreira et al. (2010b) relatam que na análise sensorial, a amostra de tomate orgânico apresentou polpa lisa, melhor firmeza ao toque e resistência ao corte, textura oral e menor sabor remanescente, sabor estranho e acidez; já a amostra de tomate convencional apresentou polpa com aspecto de esponja, menor número de defeitos de superfície, melhor sabor e qualidade global.

Tabela 5 Análise sensorial de cinco cultivares de tomates orgânicos e convencionais amadurecidos na planta

Cultivar	Nº total de julgamentos aplicados neste experimento	Nº total de julgamentos corretos observados neste experimento	Nº total de julgamentos corretos necessários para diferença esta estatística significativa a 5% (valor tabelado – anexo 1)
Bônus	20	8	11
Débora	20	8	11
Kada	20	8	11
Kombat	20	7	11
Santa Clara	20	8	11

4 CONCLUSÃO

Tomates amadurecidos na planta apresentam maior teor de açúcares solúveis totais e maior acidez que os frutos amadurecidos após a colheita.

Tomates orgânicos apresentaram menor acidez e pH mais elevado que os frutos convencionais. Entretanto, essa diferença não foi estatisticamente constatada pelos julgadores na análise sensorial.

REFERÊNCIAS

ANESE, M. et al. Effect of equivalent thermal treatments on the color and the antioxidant activity of tomato purees. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 67, n. 9, p. 3442-3446, Sept. 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12995**: teste triangular em análise sensorial de alimentos e bebidas. Rio de Janeiro, 1993. 245 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of the Association of the Agricultural Chemists**. 17th ed. Washington, 2000. 1410 p.

BALDWIN, E. A. et al. Flavor trivia and tomato aroma: biochemistry and possible mechanisms for control of important aroma components. **Hortscience**, Alexandria, v. 35, n. 3, p. 1013-1022, Aug. 2000.

BORGUINI, R. G.; OETTERER, M.; SILVA, M. V. Qualidade nutricional de hortaliças orgânicas. **Boletim da SBCTA**, Campinas, v. 37, n. 1, p. 28-35, 2003.

BORGUINI, R. G.; SILVA, M. V. Características físico-químicas e sensoriais do tomate (*Lycopersicon esculentum*) produzido por cultivo orgânico em comparação ao convencional. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 16, n. 4, p. 355-361, out./dez. 2005.

BOURN, D.; PRESCOTT, J. A comparison of the nutritional value, sensory qualities, and food safety of organically and conventionally produced foods. **Critical Reviews in Food Science & Nutrition**, Boca Raton, v. 42, n. 1, p. 1-34, Jan. 2002.

CARVALHO, J. I.; PAGLIUCA, L. G. Tomate: um mercado que não para de crescer globalmente. **Revista Hortifruti Brasil**, Piracicaba, n. 58, p. 6-14, jun. 2007.

CLIFF, M. et al. Effect of 1-methylcyclopropene on the sensory, visual, and analytical quality of greenhouse tomatoes. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 53, n. 1/2, p. 11-15, 2009.

DISCHE, E. Color reactions of carbohydrates. In: _____. **Methods in carbohydrates chemistry**. New York: Wiley, 1962. v. 1, p. 477-512.

FERREIRA, S. M. R. et al. Qualidade do tomate de mesa cultivado nos sistemas convencional e orgânico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 1, p. 224-230, jan./mar. 2010.

_____. Qualidade pós-colheita do tomate de mesa convencional e orgânico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 4, p. 858-864, out./dez. 2010.

GIORDANO, L. B.; SILVA, J. B. C. da; BARBOSA, V. Escolha de cultivares e plantio. In: SILVA, J. B. C. da; GIORDANO, L. B. (Ed.). **Tomate para processamento industrial**. Brasília: EMBRAPA, 2000. p. 36-59.

HOBSON, G. E.; DAVIES, J. N. The tomato. In: HULME, A. C. (Ed.). **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic, 1971. v. 2, p. 437-475.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo, 1985. v. 1, 181 p.

KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. Athens: Exon, 1997. 53 p.

LEWINSOHN, E. et al. Not just colors carotenoid degradation as a link between pigmentation and aroma in tomato and watermelon fruit. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 16, p. 407-415, May 2005.

MALUNDO, T. M. M.; SHEWFELT, R. L.; SCOTT, J. W. Flavor quality of fresh tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) as affected by sugar and acid levels. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 6, n. 1, p. 103-110, 1995.

MARCONI, O.; FLORIDI, S.; MONTANARI, L. Organic acids profile in tomato juice by HPLC with UV detection. **Journal of Food Quality**, Wastport, v. 30, n. 4, p. 253-266, Apr. 2000.

MATINEZ-VALVERDE, I. et al. Phenolic compounds, lycopene and antioxidant activity in commercial varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum*). **Journal Science Food Agriculture**, London, v. 82, n. 6, p. 323-330, Oct. 2002.

MOURA, M. L. et al. Fisiologia do amadurecimento na planta do tomate 'Santa Clara' e do mutante 'Firme'. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 81-85, jan./mar. 2005.

PENTEADO, S. R. **Introdução à agricultura orgânica**. Campinas: Rafimagem, 2000. 113 p.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2010. Software.

SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. **Tomate para processamento industrial**. Brasília: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia; EMBRAPA Hortaliças, 2000. 168 p.

SILVA, V. de F. et al. Caracterização e avaliação de acilaçúcar sintético no comportamento da mosca-branca Bemisia Tabaci (Gennadius, 1886) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) em tomateiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 145-158, set./out. 2008.

TANDON, K. S. et al. Linking sensory descriptors to volatile and nonvolatile components of fresh tomato flavor. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 68, n. 7, p. 2366-2371, Sept. 2003.

THOMPSON, K. A. et al. Cultivar Maturity and heat treatments on the lycopene content in the tomatoes. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 65, n. 5, p. 791-795, Sept. 2000.

TIEMAN, D. M. et al. Identification of loci affecting flavor volatile emissions in tomato fruits. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 57, n. 2, p. 887-896, Feb. 2006.

TOOR, R. K.; SAVAG, G. P. HEEB Influence of different type of fertilizers of major antioxidant components of tomatoes. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 19, n. 1, p. 20-27, Jan. 2006.

CAPÍTULO 5

Perfil volátil de tomates orgânicos e convencionais amadurecidos na planta e após a colheita

RESUMO

Objetivou-se neste trabalho determinar o perfil volátil de tomates (*L. esculentum* Mill) orgânicos e convencionais, cultivados nas mesmas condições, amadurecidos na planta e após a colheita. Foram utilizadas cinco cultivares de tomates sob as mesmas condições de cultivo em sistema protegido. A colheita foi realizada em dois estádios de maturação: vermelho maduro (fruto amadurecido na planta) e “*breaker*” (fruto amadurecido após a colheita). A extração e a identificação dos compostos voláteis do tomate foram realizadas utilizando-se a técnica de microextração em fase sólida (SPME), em cromatógrafo gasoso acoplado ao espectrômetro de massa GC-2010 e GCMS. Para identificação dos compostos, os espectros obtidos foram comparados com os bancos de dados da biblioteca (WILEY 8 LIB e FFNSC.1.2.lib), e também pela comparação dos índices de Kovats. Com base em análises multivariadas de componentes principais e de agrupamentos hierárquicos, os compostos voláteis identificados nas amostras de tomates estudadas diferiram entre sistemas de cultivo e amadurecimento, de forma não sistemática. Em três das cultivares analisadas o perfil volátil foi influenciado pelo amadurecimento e em duas cultivares pelo sistema de cultivo.

Palavras-chave: Tomate. *Flavor*. Orgânico. Pós-colheita.

ABSTRACT

The aim of this work was to determine the volatile profile of organic and conventional tomatoes (*L. esculentum* Mill), grown under the same conditions, ripened on the plant and after harvest. Five cultivars were used under the same conditions in protected cultivation. The crop was harvested in two ripening stages: mature red (fruit ripened on the plant) and "breaker" (mature fruit after harvest). The extraction and identification of volatile compounds from tomatoes were performed using the technique of solid phase microextraction (SPME), in a gaseous chromatograph coupled to a mass spectrometer GC-2010 and GCMS. For identification of compounds, the spectra obtained were compared with the databases of the library (LIB and FFNSC.1.2.lib WILEY 8), and also by comparison of Kovats indices. Based on multivariate analyses of principal components and hierarchical clustering, the volatile compounds identified in samples of tomatoes studied differed between cropping systems and maturing on a non-systematic. In three of the cultivars analyzed the volatile profile was influenced by the maturation and in two of them by the farming system.

Keywords: Tomato. Flavour. Organic. Post-harvest.

1 INTRODUÇÃO

A cultura do tomate desempenha importante papel na economia nacional, sendo um dos principais produtos olerícolas. A produção mundial de tomate duplicou nos últimos 20 anos. Um dos principais fatores para a expansão da cultura é o crescimento do consumo. O Brasil se destaca entre os dez maiores países produtores, alcançando em 2010 uma produção 3,7 milhões de toneladas (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2011). Recentemente, a demanda por tomate foi reforçada pela busca de alimentos mais saudáveis, favorecendo também o crescimento da venda do produto fresco e orgânico.

As práticas agrícolas modernas ou convencionais são caracterizadas principalmente pela alta dependência de insumos artificiais externos, como o uso intensivo de produtos químicos para o controle de pragas, o que afeta espécies não alvo, uso intensivo do solo e o monocultivo de espécies comerciais. Ao contrário dos sistemas convencionais, a agricultura orgânica está fundamentada na conservação e melhoramento da capacidade produtiva do solo, diversificação do sistema de produção e aproveitamento dos processos ecológicos para a regulação das populações de herbívoros-praga (TOGNI et al., 2009).

Segundo Borguini e Torres (2006), orgânico é um termo que indica que o alimento é produzido de acordo com normas específicas que vetam a utilização de quaisquer agroquímicos e é certificado por uma agência devidamente reconhecida. Esse tipo de sistema evita ou exclui a utilização de fertilizantes sintéticos e pesticidas, principalmente os que têm em sua composição nitrogênio, pois este pode influenciar negativamente alguns microrganismos presentes no solo e, com isso, gerar problemas fitossanitários.

Além do valor nutricional, aparência externa e sabor, o aroma tem se tornado componente importante para os consumidores de vegetais. Juntamente

com os ácidos e açúcares, os compostos voláteis contribuem para o sabor do tomate. Embora cerca de 400 compostos tenham sido identificados como constituintes voláteis de tomate e de seus produtos, apenas um número limitado é essencial para o seu sabor (KRUMBEIN; PETERS; BRÜCKNER, 2004).

Os compostos voláteis são sintetizados a partir de vários precursores incluindo aminoácidos, lipídios e carotenoides, porém enquanto algumas das vias de síntese são conhecidas, para a maioria dos compostos voláteis há carência de embasamentos científicos (TIEMAN et al., 2006).

Para Rodriguez-Amaya (2003), muitos caminhos levam à formação de voláteis que conferem o aroma/sabor típico dos alimentos. Alguns envolvem a biossíntese, mas a maioria das reações é de clivagem/fragmentação de precursores não voláteis. Alguns se formam no alimento intacto devido ao metabolismo, outros se formam quando os tecidos são rompidos, liberando enzimas.

Alguns estudos sugerem que diferentes padrões de pigmentação em tomate levam a diferentes grupos de compostos voláteis influenciando diretamente as propriedades aromáticas e o sabor dos frutos (LEWINSOHN et al., 2005).

A percepção do sabor se dá através da combinação de odor, gosto e sensações táteis, e depende fortemente do equilíbrio entre açúcares, ácidos orgânicos, compostos voláteis e aminoácidos livres (OMS-OLIU et al., 2011).

O sabor característico do tomate representa uma complexa interação entre compostos voláteis e não voláteis. Algumas pesquisas têm sido conduzidas relacionadas à importância dos compostos voláteis no sabor do tomate (ABEGAZ et al., 2004; CENTENO; NEVES, 2009; KRUMBEIN; AUERSWALD, 2000; TANDON; BALDWIN; SHEWFELT, 2000; TIEMAN et al., 2006). Outras pesquisas são conduzidas no sentido de avaliar a interação de voláteis, açúcares e ácidos na percepção do sabor do tomate (BALDWIN;

GOODNER; PLOTTO, 2008; MALUNDO; SHEWFELT; SCOTT, 1995; OMS-OLIU et al., 2011). Algumas cultivares foram alvos de pesquisas na comparação de compostos voláteis identificados em tomates (BERNA et al., 2005; KRUMBEIN et al., 2000). Há carência de pesquisas direcionadas à identificação de compostos voláteis em tomates relacionadas a sistemas de cultivo e tipos de amadurecimento.

Objetivou-se neste estudo realizar a identificação de compostos voláteis presentes em tomates oriundos de cinco cultivares submetidas aos sistemas, orgânico e convencional de produção, numa mesma área, e amadurecidos na planta e após a colheita.

2 METODOLOGIA

2.1 Amostras utilizadas

O experimento foi desenvolvido em propriedade rural localizada a 15 km do município de Lavras/MG. Foram utilizados tomates de cinco cultivares tipo Santa Cruz (cultivares de polinização aberta: Santa Clara e Kada; cultivares híbridas: Bônus, Débora e Kombat), cultivados, nas mesmas condições de solo e clima, sob sistema de produção convencional e orgânico. Os tomates foram cultivados em estufa tipo capela, com as laterais teladas, irrigação por gotejamento e tutoramento vertical com fitilhos.

A análise dos frutos foi executada quando maduros (mais de 90% da superfície vermelha), considerando-se o amadurecimento na planta e após a colheita. Os tomates amadurecidos após a colheita foram colhidos no estágio “*breaker*” e armazenados por cerca de três dias à temperatura ambiente, em torno de 24°C e 80% de UR até atingirem o estágio de maturação vermelho maduro.

Espaçamento e condução

- 1 m entre fileiras e 0,3 m entre plantas;
- plantas conduzidas com haste única;
- poda terminal com 6 cachos por plantas;
- raleio de frutos: máximo de 6 frutos em cada um dos 3 primeiros cachos e máximo de 4 frutos em cada um dos 3 últimos cachos.

Adubação

Foram utilizados os seguintes tratamentos e respectivas doses:

Pré-plantio: comum para os sistemas orgânico e convencional.

- 300 g/m² de calcário;
- 3000 g/m² (3kg/m²) de esterco de curral curtido;
- 100 g/m² de termofosfato magnesiano;

Plantio

- Orgânico: 400 g/m² de bokashi + 50 g/m² de fosfato de Araxá;
- Convencional: 80 g/m² de NPK 4-14-8

Em Cobertura

- Orgânico (dividida em 2 aplicações): 180 g/m² de bokashi + 50 g/m² de fosfato de Araxá + 50 g/m² de sulfato duplo de potássio e magnésio;
- Cobertura complementar no orgânico: 100 g/m² de bokashi + 15 g/m² de sulfato duplo de potássio e magnésio;
- Convencional (dividida em 2 aplicações): 35 g/m² de NPK 4-14-8
- Cobertura complementar no convencional: 10 g/m² de sulfato de amônio + 10 g/m² de cloreto de potássio.

Tratos fitossanitários

Orgânico: as pulverizações foram alternadas (12 semanas iniciais).

- 6 pulverizações com: calda bordalesa (0,5%) + óleo de nim (0,3%);
- 6 pulverizações com: Rocksil (silício, 1%) + controle biológico (Bacillus thuringiensis + Beauveria bassiana + Metarhizium anisopliae);

Convencional:

- 4 pulverizações com fungicidas protetores: Dithane/mancozebe (0,2%) + Oxiclreto de cobre (0,2%);
- 4 pulverizações com fungicida sistêmico: 2 com Ridomil/metalaxil-M (0,3%) e 2 com Rival/tebuconazol (0,1%);

- 2 pulverizações com inseticida de contato: Decis 25 CE/ deltametrina (0,05%);

- 2 pulverizações com inseticida sistêmico: Abamectin DVA 18 EC/abamectina (0,1%);

Após a colheita os tomates foram transportados para o Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças (Departamento de Ciência dos Alimentos – Universidade Federal de Lavras – DCA/UFLA), onde foi realizada lavagem e seleção de acordo com a ausência de injúrias mecânicas e fisiológicas. Posteriormente foi feita a sanificação com hipoclorito de sódio 100 mg.L^{-1} por 10 minutos.

Após sanificação, os tomates amadurecidos na planta foram submetidos às análises e os frutos colhidos no estágio *breaker* foram acondicionados em bandejas abertas de poliestireno expandido e armazenados sob temperatura ambiente em torno de 24°C e 80% de UR até completar o amadurecimento. Transcorrido esse período, as amostras foram submetidas às análises.

A parcela experimental foi constituída por 7 frutos.

2.2 Análise de compostos voláteis

A análise de compostos voláteis foi realizada na Central de Análises e Prospecção Química da Universidade Federal de Lavras, em Lavras, MG. A extração e a identificação dos compostos voláteis do tomate foram realizadas utilizando-se a técnica de microextração em fase sólida (SPME), em cromatógrafo gasoso acoplado ao espectrômetro de massa GC-2010 – Gás Chromatograph Shimadzu® e GCMS – QP2010 Plus – *Gas Chromatograph Mass Spectrometer*.

Preliminarmente às extrações, a fibra extratora foi condicionada, a 300°C, por 30 minutos, em cromatógrafo gasoso. Entre cada exposição das amostras, a fibra (polydimethylsiloxiane/divinilbenzene -PDMS/DVB, 65 µm, Supelco) era limpa e condicionada a uma temperatura de 300°C, por 30 minutos, no mesmo cromatógrafo.

Um grama de fruto congelado foi transferido para um frasco de vidro (próprio para retenção de voláteis) com capacidade para 10 mL e levado para agitação à velocidade constante de 50 rpm e aquecimento a 100°C, por 15 minutos. O procedimento de extração envolveu a exposição da fibra ao “*headspace*” de cada amostra em frascos fechados.

Após esse tempo de agitação, aquecimento e exposição à fibra, a seringa foi imediatamente levada ao injetor do CG-MS, no qual os compostos voláteis foram desorvidos, por 2 minutos, a 250°C.

Para a identificação, utilizou-se aparelho Shimadzu CG-17A, com detector seletivo de massas modelo QP5050A, sob as seguintes condições operacionais: coluna capilar de sílica fundida (Equity-5) de 30 m x 0,25 mm e 0,25 µm de espessura, tendo como fase estacionária 5% de difenil e 95% de polidimetilsiloxano (DB5); temperatura do injetor de 220°C; programação da coluna com temperatura inicial de 40°C, sendo acrescidos 4°C a cada minuto, até atingir 200°C; gás de arraste hélio, com 1,82 mL.min⁻¹ fluxo na coluna; sem *split*, com pressão inicial na coluna de 102,4 kPa.

As condições do espectrômetro de massas (EM) foram as seguintes: detector seletivo de massas operando por impacto eletrônico e energia de impacto de 70 eV; velocidade de varredura 1.000 m/z s⁻¹; intervalo de varredura de 0,5 fragmento/segundo e fragmentos detectados de 29 Da e 600 Da. Para identificação dos compostos, os espectros obtidos foram comparados com os bancos de dados da biblioteca (WILEY 8 LIB e FFNSC.1.2.lib), com a literatura e também pela comparação dos índices de Kovats (ADAMS, 2007). Os índices

de Kovats foram determinados utilizando-se uma curva de calibração e uma série de *n*-alcanos (C₆-C₄₀) injetados nas mesmas condições cromatográficas das amostras.

2.3 Análise de componentes principais (PCA) e análise de componentes hierárquicos (HCA)

Empregou-se a análise multivariada utilizando-se o programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2010), devido à quantidade de compostos voláteis presentes nas amostras e sua grande variação. A análise de componentes principais (PCA) e a análise de agrupamentos hierárquicos (HCA) foram utilizadas para compreender a similaridade entre sistema de cultivo (orgânico e convencional) e amadurecimento (na planta e após a colheita) nas cinco cultivares analisadas, quanto aos teores dos compostos voláteis identificados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os compostos voláteis, com seus respectivos índices de Kovats e porcentagens médias das áreas relativas dos cromatogramas identificados nas amostras de tomates, orgânicos e convencionais amadurecidos na planta e após a colheita, são representados nas tabelas 1, 2, 3, 4 e 5, para cada cultivar analisada.

Foram identificados, em média, 26 compostos voláteis pertencentes às classes químicas de álcoois, aldeídos, cetonas, hidrocarbonetos e ésteres. As porcentagens de área média dos compostos identificados nas amostras analisadas de cada cultivar foram, respectivamente, 62,76%, 62,92%, 68,1% e 66,4% e 63,41% nas cultivares Bônus, Débora, Kada, Kombat e Santa Clara.

Os compostos voláteis identificados neste trabalho assemelham-se aos resultados encontrados por Abegaz et al. (2004), Centeno e Neves (2009), Krumbein, Peters e Brückner (2004), Tandon, Baldwin e Shewfelt (2000), Tieman et al. (2006) e Viljanen et al. (2011) que identificaram compostos voláteis de tomates maduros. Abegaz et al. (2004) e Centeno e Neves (2009) sugerem que os compostos hexanal, cis-3-hexenal, trans-2-hexenal, hexanol, cis-3-hexenol, 1-pent-3-one e 2-isobutiasole são compostos majoritários no aroma de tomates maduros. Os referidos compostos foram identificados no presente trabalho nas cinco cultivares analisadas em ambos os sistemas de cultivo e amadurecimento. Krumbein, Peters e Brückner (2004) e Tandon, Baldwin e Shewfelt (2000) relatam que o composto cis-3-hexenal é um importante contribuinte no aroma e sabor do tomate. Esse composto foi identificado, em todas as amostras avaliadas neste trabalho, com porcentagem de área variando de 1,17% a 1,94%. A maioria dos precursores desses compostos são aminoácidos, ácidos graxos insaturados e carotenoides (TANDON; BALDWIN; SHEWFELT, 2000).

Os aldeídos com seis carbonos (hexanal, *cis*-3-hexenal, *trans*-2-hexenal) são responsáveis pelo aroma característico verde, fresco e floral do tomate (BALDWIN et al., 2004; TANDON; BALDWIN; SHEWFELT, 2000). O composto 1-pent-3-one foi referido, segundo Baldwin et al. (2004), como aroma fresco e doce. Segundo Heredia et al. (2012), a combinação desses compostos está associada ao aroma fresco de tomates maduros.

Os compostos com seis carbonos (C6) desempenham importante papel no sabor do tomate, mediante a degradação bioquímica que ocorre no fruto (GRIFFITHS et al., 1999). A degradação do tecido vegetal resulta na quebra de lipídeos endógenos em ácidos graxos, que por oxidação, produzem um hidroperóxido, seguido por clivagem para formar o hexanal (BOUKOZADA; TAYLOR, 2002; GRAY et al., 1999).

Tabela 1 Compostos voláteis, Índice de Kovats e respectiva porcentagem de área em tomates da cultivar Bônus cultivados em sistema orgânico e convencional, amadurecidos na planta e após a colheita

Composto	IK*	% de área			
		OMPL	OMPOS	CMPL	CMPOS
Álcoois					
Cis-3-hexenol	849	4,69%	4,87%	4,29%	4,75%
Hexenol	1410	2,41%	3,80%	2,75%	3,46%
1-pentadecanol	1778	0,81%	n.d.	0,45%	n.d.
1,6- hexanodiol	937	n.d.	n.d.	0,06%	n.d.
2-propenol	549	n.d.	0,74%	n.d.	1,60%
Aldeídos					
Octadecanal	1358	1,15%	1,75%	n.d.	0,96%
Nonanal	1046	1,70%	n.d.	1,76%	1,74%
Hexanal	877	13,45%	12,28%	12,52%	11,63%
Cis-3-hexenal	885	1,37%	1,29%	1,34%	1,17%
Trans-2-hexenal	604	1,28%	1,23%	1,40%	0,46%
Pentadecanal	1713	2,48%	2,09%	3,25%	3,83%
Trans-2-heptenal	708	3,80%	3,13%	4,36%	3,03%
2-metilpropanal	550	2,42%	2,54%	2,84%	2,88%

“Tabela 1, conclusão”

Composto	IK*	% de área			
		OMPL	OMPOS	CMPL	CMPOS
Cetonas					
1-penten-3-one	537	11,01%	10,53%	11,18%	10,18%
1-5-Octadien-3-one	978	n.d.	0,18%	n.d.	0,15%
6-metil-5-hepteno-2-one	1301	2,43%	2,52%	2,64%	2,83%
1-octen-3-one	1372	2,32%	2,49%	2,38%	2,28%
Hidrocarbonetos					
Tetracosano	2400	4,98%	3,26%	4,02%	3,77%
Pentacosano	2585	n.d.	3,76%	n.d.	n.d.
3-metilpentano	545	1,48%	1,01%	1,17%	0,91%
2,2-dimetilbutano	526	0,91%	n.d.	0,75%	n.d.
3-metil-1-pentano	544	1,17%	1,01%	0,68%	0,87%
3-metilhexano	671	0,39%	0,21%	n.d.	0,26%
Composto heterocíclico					
2-isobutiasole	941	2,74%	2,18%	2,69%	2,15%
Ésteres					
Dodecanoato de etila	1595	1,27%	1,64%	1,84%	1,36%
Acetato de 3-metilbutila	874	0,36%	0,38%	0,41%	0,26%

* OMPL (orgânico amadurecido na planta), OMPOS (orgânico amadurecido após a colheita), CMPL (convencional amadurecido na planta) e CMPOS (convencional amadurecido após a colheita).

* IK tabelado

* n.d. = não detectado

Tabela 2 Compostos voláteis, Índice de Kovats e respectiva porcentagem de área em tomates da cultivar Débora, cultivados em sistema orgânico e convencional, amadurecidos na planta e após a colheita

Composto	IK*	% de área			
		OMPL	OMPOS	CMPL	CMPOS
Álcoois					
Cis-3-hexenol	849	4,19%	3,98%	4,57%	4,01%
Hexenol	1410	3,41%	2,76%	2,23%	2,78%
1-pentadecanol	1778	n.d.	n.d.	0,76%	n.d.
1,6- hexanodiol	937	n.d.	n.d.	0,12%	n.d.
2-propenol	549	0,27%	0,44%	0,68%	0,39%
Aldeídos					
Octadecanal	1358	1,87%	1,65%	1,59%	1,72%
Nonanal	1046	1,83%	1,74%	1,95%	1,43%
Hexanal	877	12,98%	11,69%	12,73%	11,24%
Cis-3-hexenal	885	1,50%	1,50%	1,75%	1,48%
Trans-2-hexenal	604	1,32%	1,05%	1,75%	1,04%
pentadecanal	1713	1,85%	2,07%	2,95%	2,49%
trans-2-heptenal	708	4,06%	3,71%	4,62%	4,83%
2-metilpropanal	550	2,82%	1,83%	1,92%	1,08%

“Tabela 2, conclusão”

Composto	IK*	% de área			
		OMPL	OMPOS	CMPL	CMPOS
Cetonas					
1-penten-3-one	537	13,02%	11,98%	12,85%	11,71%
1-5-Octadien-3-one	978	n.d.	n.d.	0,92%	n.d.
6-metil-5-hepteno-2-one	1301	2,93%	1,79%	2,48%	2,05%
1-octen-3-one	1372	2,73%	2,24%	2,74%	2,07%
Hidrocarbonetos					
Tetracosano	2400	5,07%	4,95%	5,26%	4,81%
Pentacosano	2585	2,96%	1,39%	1,83%	1,24%
3-metilpentano	545	0,91%	n.d.	0,37%	0,23%
2,2-dimetilbutano	526	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
3-metil-1-pentano	544	0,85%	0,72%	0,78%	0,53%
3-metilhexano	671	0,58%	n.d.	n.d.	n.d.
Composto heterocíclico					
2-isobutiasole	941	2,74%	2,18%	2,69%	2,15%
Ésteres					
Dodecanoato de etila	1595	1,27%	1,64%	1,84%	1,36%
Acetato de 3-metilbutila	874	0,36%	0,38%	0,41%	0,26%

* OMPL (orgânico amadurecido na planta), OMPOS (orgânico amadurecido após a colheita), CMPL (convencional amadurecido na planta) e CMPOS (convencional amadurecido após a colheita).

* IK tabelado

* n.d. = não detectado

Tabela 3 Compostos voláteis, Índice de Kovats e respectiva porcentagem de área em tomates da cultivar Kada cultivados em sistema orgânico e convencional, amadurecidos na planta e após a colheita

Composto	IK*	% de área			
		OMPL	OMPOS	CMPL	CMPOS
Álcoois					
Cis-3-hexenol	849	3,82%	3,25%	4,29%	3,29%
Hexenol	1410	2,38%	2,97%	2,49%	3,02%
1-pentadecanol	1778	n.d.	0,25%	0,35%	n.d.
1,6- hexanodiol	937	0,42%	n.d.	n.d.	n.d.
2-propenol	549	n.d.	0,83%	n.d.	0,72%
Aldeídos					
Octadecanal	1358	1,15%	1,36%	1,43%	1,71%
Nonanal	1046	1,94%	1,39%	1,82%	1,69%
Hexanal	877	13,82%	13,94%	13,73%	13,42%
Cis-3-hexenal	885	1,92%	1,46%	1,94%	1,82%
Trans-2-hexenal	604	2,61%	1,94%	2,54%	2,07%
pentadecanal	1713	2,94%	2,36%	3,74%	3,65%
trans-2-heptenal	708	3,92%	2,94%	3,86%	3,71%
2-metilpropanal	550	2,61%	2,59%	2,41%	2,74%

“Tabela 3, conclusão”

Composto	IK*	% de área			
		OMPL	OMPOS	CMPL	CMPOS
Cetonas					
1-penten-3-one	537	10,84%	10,47%	10,39%	10,59%
1-5-Octadien-3-one	978	0,32%	0,25%	0,17%	n.d.
6-metil-5-hepteno-2-one	1301	2,36%	2,46%	2,38%	2,73%
1-octen-3-one	1372	2,25%	2,53%	2,75%	2,47%
Hidrocarbonetos					
Tetracosano	2400	3,97%	3,51%	3,95%	3,62%
Pentacosano	2585	3,57%	3,45%	2,87%	3,85%
3-metilpentano	545	1,29%	0,94%	1,36%	1,22%
2,2-dimetilbutano	526	0,36%	0,15%	0,46%	0,21%
3-metil-1-pentano	544	1,28%	1,36%	1,94%	1,48%
3-metilhexano	671	0,43%	0,35%	0,22%	0,57%
Composto heterocíclico					
2-isobutiasole	941	2,74%	2,18%	2,69%	2,15%
Ésteres					
Dodecanoato de etila	1595	1,27%	1,64%	1,84%	1,36%
Acetato de 3-metilbutila	874	0,36%	0,38%	0,41%	0,26%

* OMPL (orgânico amadurecido na planta), OMPOS (orgânico amadurecido após a colheita), CMPL (convencional amadurecido na planta) e CMPOS (convencional amadurecido após a colheita).

* IK tabelado

* n.d. = não detectado

Tabela 4 Compostos voláteis, Índice de Kovats e respectiva porcentagem de área em tomates da cultivar Kombat cultivados em sistema orgânico e convencional, amadurecidos na planta e após a colheita

Composto	IK	% de área			
		OMPL	OMPOS	CMPL	CMPOS
Álcoois					
Cis-3-hexenol	849	5,02%	4,91%	5,25%	4,82%
Hexenol	1410	2,73%	2,84%	2,61%	2,53%
1-pentadecanol	1778	0,35%	0,31%	0,27%	n.d.
1,6- hexanodiol	937	0,13%	n.d.	0,27%	n.d.
2-propenol	549	0,32%	0,29%	0,34%	0,38%
Aldeídos					
Octadecanal	1358	1,39%	1,46%	1,98%	0,72%
Nonanal	1046	1,29%	n.d.	1,62%	1,39%
Hexanal	877	13,48%	12,33%	12,29%	12,47%
Cis-3-hexenal	885	1,53%	1,84%	1,73%	1,44%
Trans-2-hexenal	604	1,41%	1,27%	1,36%	1,39%
pentadecanal	1713	2,36%	2,58%	3,51%	3,74%
trans-2-heptenal	708	3,36%	3,81%	3,78%	3,47%
2-metilpropanal	550	2,37%	2,47%	2,71%	2,52%

“Tabela 4, conclusão”

Composto	IK	% de área			
		OMPL	OMPOS	CMPL	CMPOS
Cetonas					
1-penten-3-one	537	12,05%	11,43%	11,38%	11,35%
1-5-Octadien-3-one	978	n.d.	0,50%	0,36%	n.d.
6-metil-5-hepteno-2-one	1301	2,38%	2,41%	2,55%	2,76%
1-octen-3-one	1372	2,37%	2,38%	2,44%	2,53%
Hidrocarbonetos					
Tetracosano	2400	4,18%	3,84%	4,27%	3,99%
Pentacosano	2585	2,38%	3,01%	2,73%	2,58%
3-metilpentano	545	1,31%	1,52%	1,37%	1,22%
2,2-dimetilbutano	526	0,43%	n.d.	0,36%	0,15%
3-metil-1-pentano	544	1,27%	1,35%	1,32%	1,01%
3-metilhexano	671	0,23%	0,15%	n.d.	0,34%
Composto heterocíclico					
2-isobutiasole	941	2,74%	2,18%	2,69%	2,15%
Ésteres					
Dodecanoato de etila	1595	1,27%	1,64%	1,84%	1,36%
Acetato de 3-metilbutila	874	0,36%	0,38%	0,41%	0,26%

* OMPL (orgânico amadurecido na planta), OMPOS (orgânico amadurecido após a colheita), CMPL (convencional amadurecido na planta) e CMPOS (convencional amadurecido após a colheita).

* IK tabelado

* n.d. = não detectado

Tabela 5 Compostos voláteis, Índice de Kovats e respectiva porcentagem de área em tomates da cultivar Santa Clara cultivados em sistema orgânico e convencional, amadurecidos na planta e após a colheita

Composto	IK	% de área			
		OMPL	OMPOS	CMPL	CMPOS
Álcoois					
Cis-3-hexenol	849	4,28%	4,37%	4,42%	4,21%
Hexenol	1410	2,41%	2,25%	2,43%	2,21%
1-pentadecanol	1778	0,54%	0,26%	0,32%	n.d.
1,6- hexanodiol	937	0,16%	n.d.	0,11%	n.d.
2-propenol	549	0,27%	0,32%	n.d.	0,18%
Aldeídos					
Octadecanal	1358	1,18%	1,44%	n.d.	1,36%
Nonanal	1046	1,63%	1,53%	1,81%	1,75%
Hexanal	877	12,45%	12,87%	12,53%	12,58%
Cis-3-hexenal	885	1,35%	1,28%	1,39%	1,21%
Trans-2-hexenal	604	1,39%	1,67%	1,52%	1,32%
pentadecanal	1713	2,46%	2,65%	2,82%	3,05%
trans-2-heptenal	708	3,75%	3,29%	4,35%	3,63%
2-metilpropanal	550	2,63%	2,41%	2,85%	2,79%

“Tabela 5, conclusão”

Composto	IK	% de área			
		OMPL	OMPOS	CMPL	CMPOS
Cetonas					
1-penten-3-one	537	10,59%	11,54%	11,05%	11,63%
1-5-Octadien-3-one	978	n.d.	0,21%	0,06%	0,15%
6-metil-5-hepteno-2-one	1301	2,46%	2,54%	2,67%	2,86%
1-octen-3-one	1372	2,36%	2,47%	2,34%	2,26%
Hidrocarbonetos					
Tetracosano	2400	3,48%	3,98%	4,18%	3,74%
Pentacosano	2585	2,54%	3,05%	n.d.	n.d.
3-metilpentano	545	1,26%	1,06%	1,54%	1,07%
2,2-dimetilbutano	526	0,45%	0,31%	0,08%	n.d.
3-metil-1-pentano	544	1,18%	1,09%	0,71%	0,96%
3-metilhexano	671	0,54%	0,23%	n.d.	n.d.
Composto heterocíclico					
2-isobutiasole	941	2,74%	2,18%	2,69%	2,15%
Ésteres					
Dodecanoato de etila	1595	1,27%	1,64%	1,84%	1,36%
Acetato de 3-metilbutila	874	0,36%	0,38%	0,41%	0,26%

* OMPL (orgânico amadurecido na planta), OMPOS (orgânico amadurecido após a colheita), CMPL (convencional amadurecido na planta) e CMPOS (convencional amadurecido após a colheita).

* IK tabelado

* n.d. = não detectado

A análise de componentes principais (PCA) e análise de agrupamentos hierárquicos (HCA) são apresentadas e discutidas para cada uma das cinco cultivares analisadas. Os compostos identificados são mostrados na PCA com a indicação de C1, C2, C3 e assim por diante, seguindo a sequência dos compostos apresentados nas respectivas tabelas.

Para a cultivar Bônus, a técnica de PCA mostrou que, com a primeira componente principal e a segunda componente principal, foi possível descrever 91,8% do conjunto dos dados, sendo 64,5% da variância total descrita pela primeira componente principal.

A análise dos dados químicos pelas técnicas de PCA e HCA permitiu agrupar as amostras em três grupos, de modo a expressar e evidenciar suas semelhanças e diferenças quanto à emissão de voláteis (Figura 1 e 2, respectivamente).

Percebe-se que as amostras de tomates da cultivar Bônus amadurecidos na planta agruparam-se. Portanto, pode-se afirmar que os teores dos compostos voláteis dos tomates orgânicos e convencionais foram semelhantes quando estes amadureceram na planta. Nota-se que as amostras dos tomates amadurecidos na planta diferem-se dos amadurecidos após a colheita. Acredita-se, portanto, que o tipo de amadurecimento exerça influência sobre os compostos voláteis de tomates da cultivar Bônus.

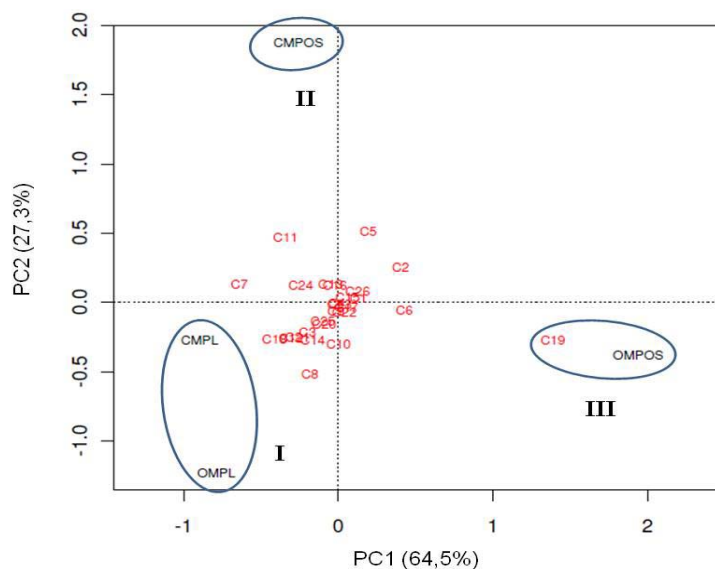


Figura 1 Gráfico *biplot* PC1 x PC2 dos *loadings* e *scores* para tomates da cultivar Bônus orgânicos e convencionais amadurecidos na planta e após a colheita em relação às diferentes porcentagens de área dos compostos voláteis identificados

* OMPL (orgânico amadurecido na planta), OMPOS (orgânico amadurecido após a colheita), CMPL (convencional amadurecido na planta) e CMPOS (convencional amadurecido após a colheita).

O dendograma (Figura 2), para as quatro amostras de tomate da cultivar Bônus estudada neste trabalho, corrobora os resultados previamente discutidos nas figura 1. Fica evidente o agrupamento existente entre as amostras CMPL e OMPL (Grupo I), CMPOS (Grupo II) e OMPOS (Grupo III), reafirmando a diferença do tipo de amadurecimento sobre o teor dos compostos voláteis nos tomates analisados da cultivar Bônus.

Dendograma de Cluster

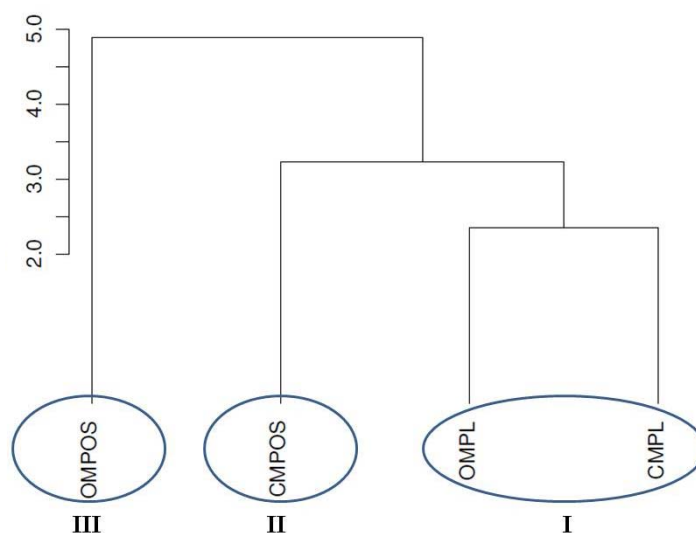


Figura 2 Dendograma das quatro amostras de tomate tomates da cultivar Bônus orgânicos e convencionais amadurecidos na planta e após a colheita em relação às diferentes porcentagens de área dos compostos voláteis identificados

* OMPL (orgânico amadurecido na planta), OMPOS (orgânico amadurecido após a colheita), CMPL (convencional amadurecido na planta) e CMPOS (convencional amadurecido após a colheita).

Para a cultivar Débora observa-se, pelas técnicas de PCA e HCA, a formação de três grupos, assim como observado na cultivar Bônus. A análise de PCA (Figura 3) mostrou que, com a primeira componente principal e a segunda componente principal, foi possível descrever 91,1% do conjunto dos dados, sendo 64,1% da variância total descrita pela primeira componente principal.

Percebe-se que as amostras de tomates orgânicos e convencionais amadurecidos após a colheita agruparam-se, evidenciando a semelhança entre essas amostras. Portanto, o tipo de amadurecimento influenciou os teores dos compostos voláteis nos tomates orgânicos e convencionais da cultivar Débora,

sendo que os frutos amadurecidos após a colheita apresentaram semelhança. Já os frutos amadurecidos na planta, diferiram-se em relação ao sistema de cultivo.

O dendograma para as amostras de tomate da cultivar Débora (Figura 4) confirma os resultados discutidos anteriormente em relação a PCA. Evidencia-se o agrupamento das amostras de tomates orgânicos e convencionais amadurecidos após a colheita. Resultado semelhante foi observado para a cultivar Bônus.

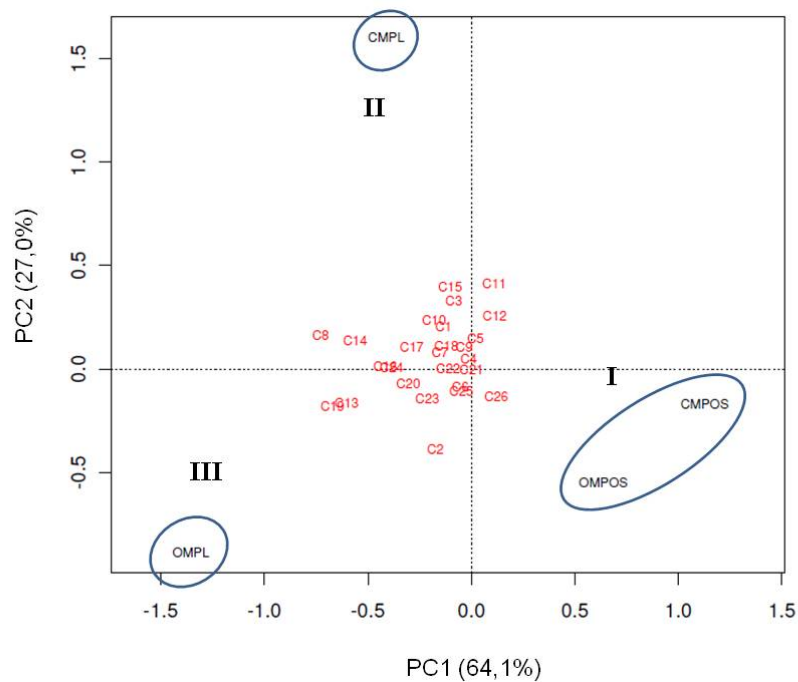


Figura 3 Gráfico *biplot* PC1 x PC2 dos *loadings* e *scores* para tomates da cultivar Débora orgânicos e convencionais amadurecidos na planta e após a colheita em relação às diferentes porcentagens de área dos compostos voláteis identificados

* OMPL (orgânico amadurecido na planta), OMPOS (orgânico amadurecido após a colheita), CMPL (convencional amadurecido na planta) e CMPOS (convencional amadurecido após a colheita).

Dendograma de Cluster

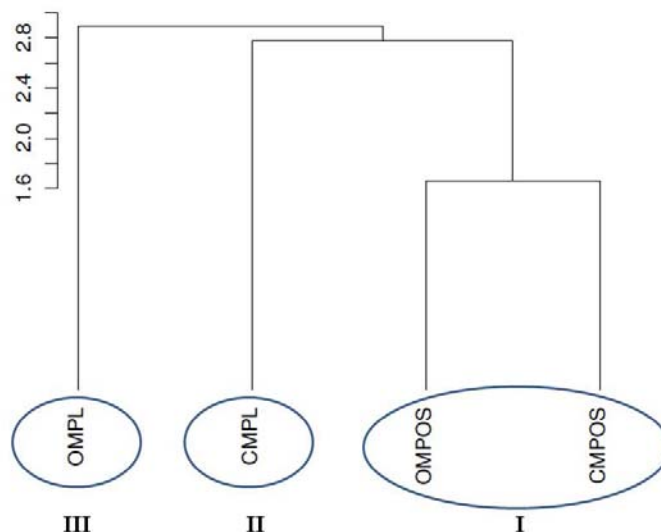


Figura 4 Dendrograma das quatro amostras de tomates da cultivar Débora orgânicos e convencionais amadurecidos na planta e após a colheita em relação às diferentes porcentagens de área dos compostos voláteis identificados

* OMPL (orgânico amadurecido na planta), OMPOS (orgânico amadurecido após a colheita), CMPL (convencional amadurecido na planta) e CMPOS (convencional amadurecido após a colheita).

Nas técnicas PCA e HCA aplicadas para a cultivar Kada observa-se também a formação de três grupos. O resultado obtido pela PCA (Figura 5) mostrou que, com a primeira componente principal e a segunda componente principal, foi possível descrever 82,08% do conjunto dos dados, sendo 57,1% da variância total descrita pela primeira componente principal.

Observa-se o agrupamento das amostras de tomates orgânicos e convencionais amadurecidos na planta. Neste caso, os tomates amadurecidos na planta assemelharam-se e os amadurecidos após a colheita diferenciaram-se em relação ao perfil volátil.

Esse resultado é confirmado pelo dendograma (Figura 6), no qual fica evidente a semelhança no teor de compostos voláteis entre as amostras de tomates da cultivar Kada amadurecidos na planta. Assim, como também há diferença no teor desses compostos entre tomates convencionais e orgânicos amadurecidos após a colheita.

Diante desses resultados, nota-se a diferenciação entre tomates amadurecidos na pós-colheita daqueles que amadureceram na planta, para as cultivares Bônus, Débora e Kada. Essa diferença pode estar relacionada às alterações pós-colheita dos tomates. Os frutos após a colheita, em especial o tomate, passam por diversas alterações em sua composição e estrutura. Dentre elas, perda de firmeza, do sabor, da coloração e degradação dos compostos voláteis contribuintes no aroma do fruto. Avaliando a qualidade pós-colheita de tomates maduros, Boukosada e Taylor (2002) encontraram alterações nos compostos voláteis em poucos dias de armazenamento. Krumbein, Peters e Brückner (2004) também observaram alterações nos compostos voláteis de tomates maduros durante a pós-colheita.

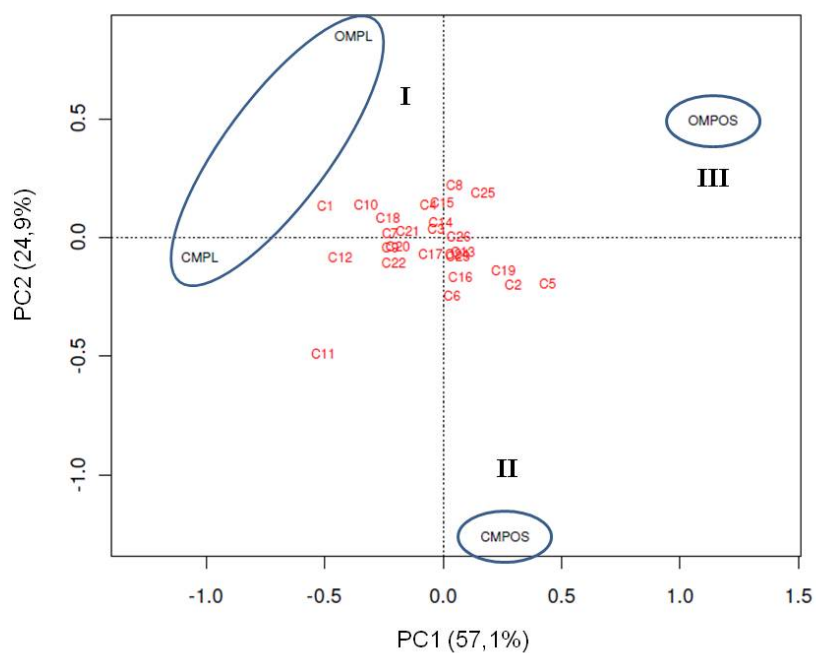


Figura 5 Gráfico *biplot* PC1 x PC2 dos *loadings* e *scores* para tomates da cultivar Kada orgânicos e convencionais amadurecidos na planta e após a colheita em relação às diferentes porcentagens de área dos compostos voláteis identificados

* OMPL (orgânico amadurecido na planta), OMPOS (orgânico amadurecido após a colheita), CMPL (convencional amadurecido na planta) e CMPOS (convencional amadurecido após a colheita).

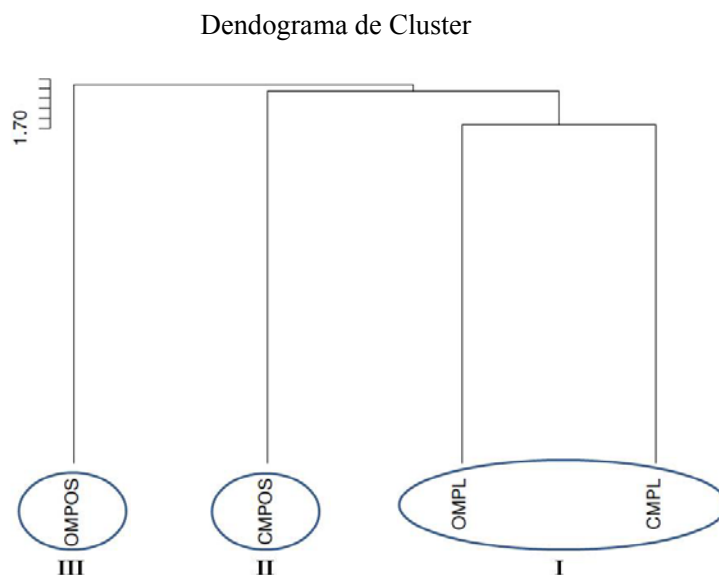


Figura 6 Dendograma das quatro amostras de **tomate tomates** da cultivar Kada orgânicos e convencionais amadurecidos na planta e após a colheita em relação às diferentes porcentagens de área dos compostos voláteis identificados

* OMPL (orgânico amadurecido na planta), OMPOS (orgânico amadurecido após a colheita), CMPL (convencional amadurecido na planta) e CMPOS (convencional amadurecido após a colheita).

De acordo com os resultados das técnicas de PCA e HCA para cultivar Kombat observa-se a formação de três grupos. A técnica de PCA (Figura 7) mostrou que, com a primeira componente principal e a segunda componente principal, foi possível descrever 76,7% do conjunto dos dados, sendo 40,7% da variância total descrita pela primeira componente principal.

Nessa cultivar agruparam-se as amostras de tomates convencionais amadurecidos na planta e após a colheita. Portanto, sugere-se que o sistema de cultivo influenciou no perfil volátil dos tomates da cultivar Kombat.

O dendograma corrobora os resultados apresentados acima (Figura 8). Observa-se a diferença entre os frutos orgânicos e convencionais, sendo estes, semelhantes em relação ao amadurecimento.

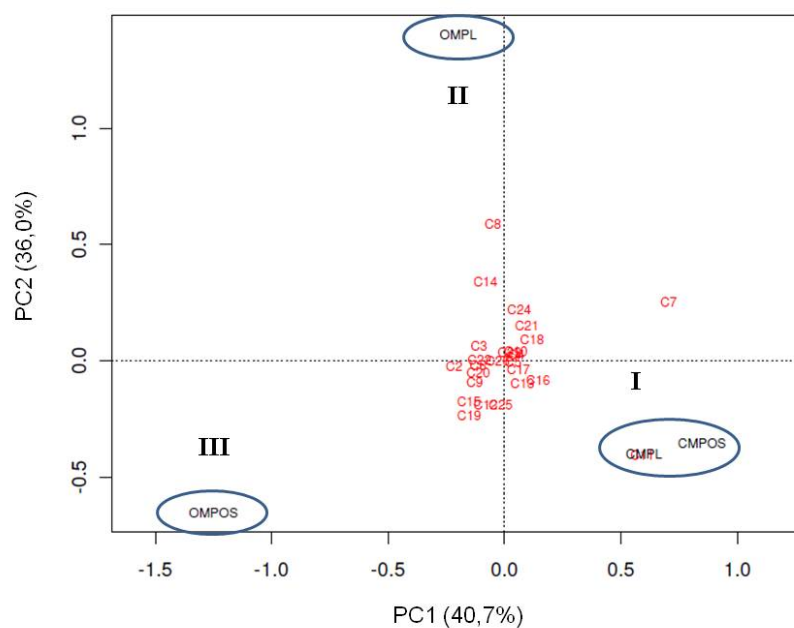


Figura 7 Gráfico *biplot* PC1 x PC2 dos *loadings* e *scores* para tomates da cultivar Kombat orgânicos e convencionais amadurecidos na planta e após a colheita em relação às diferentes porcentagens de área dos compostos voláteis identificados

* OMPL (orgânico amadurecido na planta), OMPOS (orgânico amadurecido após a colheita), CMPL (convencional amadurecido na planta) e CMPOS (convencional amadurecido após a colheita).

Dendograma de Cluster

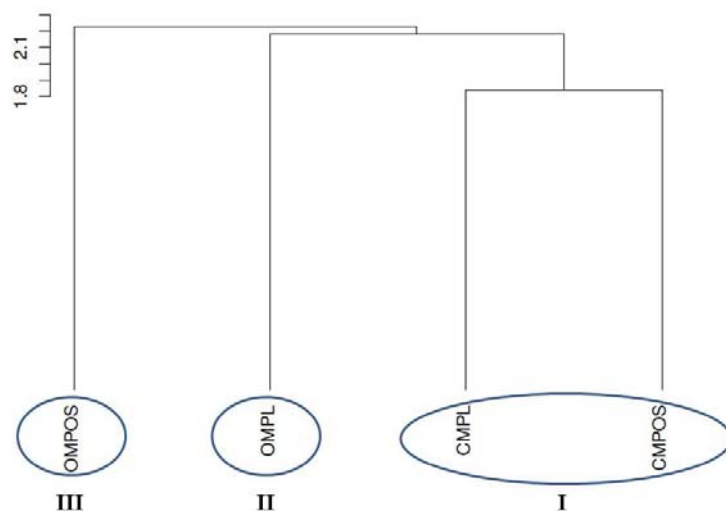


Figura 8 Dendrograma das quatro amostras de tomates da cultivar Kombat orgânicos e convencionais amadurecidos na planta e após a colheita em relação às diferentes porcentagens de área dos compostos voláteis identificados.

* OMPL (orgânico amadurecido na planta), OMPOS (orgânico amadurecido após a colheita), CMPL (convencional amadurecido na planta) e CMPOS (convencional amadurecido após a colheita).

Nas técnicas de PCA e HCA da cultivar Santa Clara, observa-se a formação de dois grupos. A PCA (Figura 9) mostrou que, com a primeira componente principal e a segunda componente principal, foi possível descrever 94,2% do conjunto dos dados, sendo 75,8% da variância total descrita pela primeira componente principal.

Nesta cultivar as amostras de tomates convencionais compõem o grupo I e tomates orgânicos compõem o grupo II. Portanto, o sistema de cultivo influenciou no perfil volátil dos tomates da cultivar Santa Clara independente do amadurecimento.

Através do dendograma (Figura 10) fica evidente a divisão entre sistemas de cultivo e, portanto, a diferença no teor dos compostos voláteis entre tomates orgânicos e convencionais.

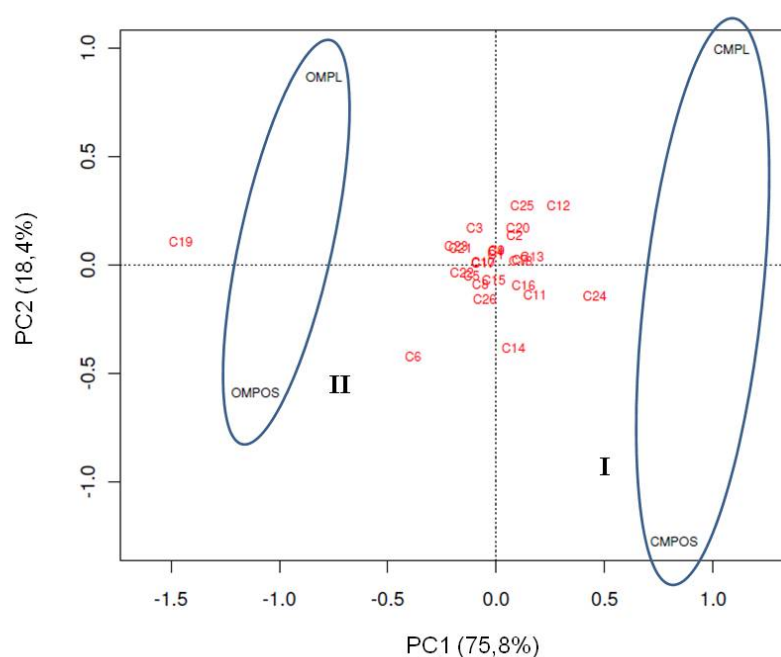


Figura 9 Gráfico *biplot* PC1 x PC2 dos *loadings* e *scores* para tomates da cultivar Santa Clara orgânicos e convencionais amadurecidos na planta e após a colheita em relação às diferentes porcentagens de área dos compostos voláteis identificados

* OMPL (orgânico amadurecido na planta), OMPOS (orgânico amadurecido após a colheita), CMPL (convencional amadurecido na planta) e CMPOS (convencional amadurecido após a colheita).

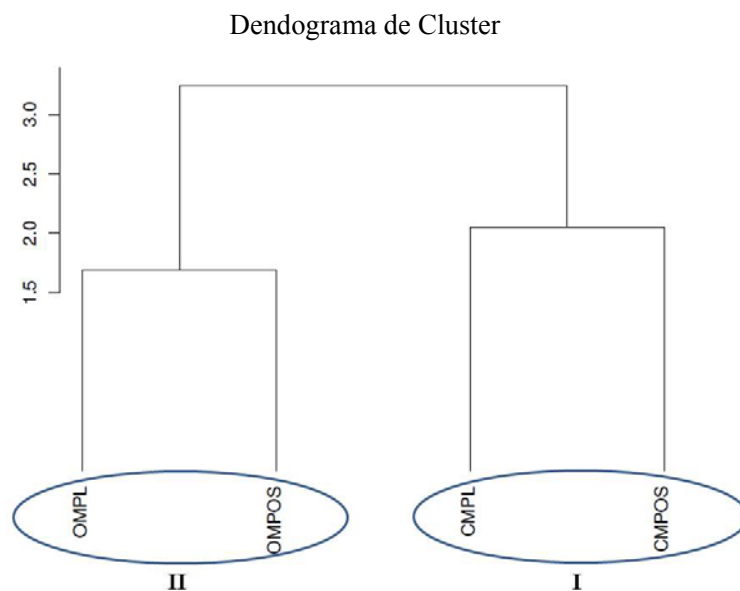


Figura 10 Dendograma das quatro amostras de tomates da cultivar Santa Clara orgânicos e convencionais amadurecidos na planta e após a colheita em relação às diferentes porcentagens de área dos compostos voláteis identificados

* OMPL (orgânico amadurecido na planta), OMPOS (orgânico amadurecido após a colheita), CMPL (convencional amadurecido na planta) e CMPOS (convencional amadurecido após a colheita).

A técnica de PCA abrangendo todas as amostras avaliadas, das cinco cultivares, aponta a formação de quatro grupos (Figura 11). Percebe-se que nesses grupos há heterogeneidade entre as amostras relacionadas ao sistema de cultivo, amadurecimento e, em alguns grupos, a cultivar. Portanto, fica evidente que não houve uma distinção concisa entre esses fatores.

Embora, a análise individual de cada cultivar aponte algumas diferenças e semelhanças no perfil volátil entre sistema de cultivo e amadurecimento, percebe-se que essa semelhança é variável de acordo com a cultivar analisada. Diante dos resultados discutidos anteriormente, observa-se que, em três das

cultivares analisadas o perfil volátil foi influenciado pelo amadurecimento e em duas cultivares pelo sistema de cultivo. Portanto, não se pode afirmar certamente que houve efeito sistemático de sistema de cultivo e amadurecimento sobre o perfil volátil dos tomates das diferentes cultivares analisadas neste trabalho.

Alguns autores relatam que o sabor de tomates é influenciado por diversos fatores como cultivar, variedade, amadurecimento e condições de armazenamento, bem como também pelas metodologias utilizadas para identificação de voláteis (BOUKOZADA; TAYLOR, 2002; KRUMBEIN; PETER; BRÜCKNER, 2004; TANDON et al., 2003). Os mesmos autores afirmaram que na determinação de compostos voláteis essas variações são esperadas de ocorrerem, em função dos fatores citados acima, o que foi observado no presente trabalho.

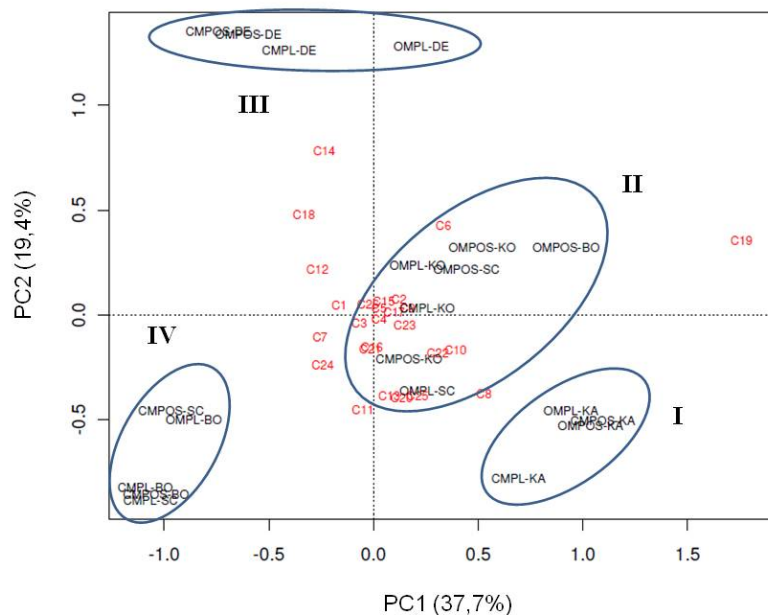


Figura 11 Gráfico *biplot* PC1 x PC2 dos *loadings* e *scores* para tomates das cultivares Bônus, Débora, Kada, Kombat e Santa Clara orgânicos e convencionais amadurecidos na planta e após a colheita em relação às diferentes porcentagens de área dos compostos voláteis identificados

* OMPL (orgânico amadurecido na planta), OMPOS (orgânico amadurecido após a colheita), CMPL (convencional amadurecido na planta), CMPOS (convencional amadurecido após a colheita), BO (Bônus), DE (Débora), KA (Kada), KO (Kombat) e SC (Santa Clara).

4 CONCLUSÃO

O perfil volátil de tomates é influenciado pelo sistema de cultivo (orgânico e convencional) e tipo de amadurecimento (na planta e após a colheita), de forma não sistemática entre as diferentes cultivares estudadas.

REFERÊNCIAS

ABEGAZ, E. G. et al. Partitioning taste from aromatic flavor notes of fresh tomato (*Lycopersicon esculentum*, Mill) to develop predictive models as a function of volatile and nonvolatile components. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 34, n. 5, p. 227-235, July 2004.

ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry**. 4th ed. Carol Stream: Allured, 2007. 800 p.

BALDWIN, E. A. et al. Effect of volatiles and their concentration on perception of tomato descriptors. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 69, p. S310-S318, 2004. Supplement.

BALDWIN, E. A.; GOODNER, K.; PLOTTO, A. Interaction of volatiles, sugars, and acids on perception of tomato aroma and flavor descriptors. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 73, n. 6, p. 128-135, June 2008.

BERNA, A. Z. et al. Mapping consumer liking of tomatoes with fast aroma profiling techniques. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 38, n. 1/2, p. 115-127, 2005.

BORGUINI, R. G.; TORRES, E. A. F. S. Alimentos orgânicos: qualidade nutritiva e segurança do alimento. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 13, n. 2, p. 64-75, ago. 2006.

BOUKOBZA, F.; TAYLOR, A. J. Effect of postharvest treatment on flavor volatiles of tomatoes. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 25, n. 8, p. 321-331, Oct. 2002.

CENTENO, D. C.; NEVES, N. R. Contribuidores do sabor em tomate (*Solanum lycopersicum* var. Moneymaker) e suas inter-relações. **Revista Trópica - Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinha, v. 3, n. 2, p. 4-11, 2009.

GRAY, D. A. et al. Fresh tomato specific fluctuations in the composition of lipoxygenase-generated C6 aldehydes. **Food Chemistry**, London, v. 64, n. 1, p. 149-155, 1999.

GRIFFITHS, A. et al. Fruit-specific lipoxygenase suppression in antisense: transgenic tomatoes. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 17, n. 1, p. 163-173, 1999.

HEREDIA, A. et al. Volatile profile of dehydrated cherry tomato: influences of osmotic pre-treatment and microwave power. **Food Chemistry**, London, v. 130, n. 2, p. 889-895, Feb. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.

Levantamento sistemático da produção de tomates: produção agrícola municipal. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 12 dez. 2011.

KRUMBEIN, A.; AUERSWALD, H. Aroma volatiles in tomato varieties-instrumental, sniffing and quantitative descriptive analysis. In: SCHIEBERLE, P.; ENGEL, K. H. (Ed.). **Frontiers of flavour science**. Garching: Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, 2000. p. 51-55.

KRUMBEIN, A.; PETERS, P.; BRÜCKNER, B. Flavour compounds and a quantitative descriptive analysis of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) of different cultivars in short-term storage. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 32, n. 1, p. 15-28, 2004.

LEWINSOHN, E. et al. Not just colors carotenoid degradation as a link between pigmentation and aroma in tomato and watermelon fruit. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 16, n. 2, p. 407-415, Mar. 2005.

MALUNDO, T. M. M.; SHEWFELT, R. L.; SCOTT, J. W. Flavor quality of fresh tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) as affected by sugar and acid levels. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 6, n. 1, p. 103-110, 1995.

OMS-OLIUB, G. et al. Metabolic characterization of tomato fruit during preharvest development, ripening, and postharvest shelf-life. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 62, n. 1, p. 7-16, 2011.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R:** a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2010. Software.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Rotas bioquímicas e químicas para a formação de compostos voláteis em alimentos. In: FRANCO, M. R. B. (Ed.). **Aroma e sabor de alimentos: temas atuais**. São Paulo: Varela, 2003. p. 177-194.

SIESO, V.; CROUZET, J. Tomato volatile components: effect of processing. **Food Chemistry**, London, v. 2, n. 4, p. 241-252, Oct. 1977.

TANDON, K. S.; BALDWIN, E. A.; SHEWFELT, R. L. Aroma perception of individual volatile compounds in fresh tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as affected by the medium of evaluation. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 20, n. 3, p. 261-268, June 2000.

TANDON, K. S. et al. Linking sensory descriptors to volatile and nonvolatile components of fresh tomato flavor. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 68, n. 7, p. 2366-2371, Aug. 2003.

TIEMAN, D. M. et al. Identification of loci affecting flavor volatile emissions in tomato fruits. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 57, n. 2, p. 887-896, Nov. 2006.

TOGNI, P. H. B. et al. Dinâmica populacional de Bemisia tabaci biótipo B em tomate monocultivo e consorciado com coentro sob cultivo orgânico e convencional. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 183-188, mar./abr. 2009.

VILJANEN, K. et al. Effect of high-pressure processing on volatile composition and odour of cherry tomato puree. **Food Chemistry**, London, v. 129, n. 8, p. 1759-1765, Dec. 2011.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Tabelas das análises estatísticas de variância

Tabela 1 Análise de variância para PME de tomates de cinco cultivares orgânicos e convencionais, com amadurecimento na planta e após a colheita

	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Cultivares	4	13376.7	3344.2	11.87	0.00000
Sistemas de Plantio	1	19081.7	19081.7	67.75	0.00000
Maturação	1	1.7	1.7	0.01	0.93910
Cultivares*S.Plantio	4	29110.0	7277.5	25.84	0.00000
Cultivares*Maturação	4	8323.3	2080.8	7.39	0.00010
S.Plantio*Maturação	1	11481.7	11481.7	40.76	0.00000
Cultivares*S.Plantio *Maturação	4	19643.3	4910.8	17.43	0.00000
Erro	40	11266.7	281.7		
Total	59	112285	1903.1		

CV= 6.83 %

Tabela 2 Análise de variância para PG de tomates de cinco cultivares orgânicos e convencionais, com amadurecimento na planta e após a colheita

	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Cultivares	4	31815.0	7953.8	5.83	<0.0001
Maturação	1	1044.2	1044.2	0.77	0.3869
S.Plantio	1	4139.4	4139.4	3.03	0.0893
Cultivares*Maturação	4	44415.3	11103.8	8.14	<0.0001
Cultivares*S.Plantio	4	15623.4	3905.8	2.86	0.0355
Maturação*S.Plantio	1	586.9	586.9	0.43	0.5157
Cultivares*Maturação *S.Plantio	4	96595.1	24148.8	17.70	<0.0001
Resíduo	40	54583.4	1364.6		
Total	59	248802.8	4217.0		

CV= 18.16%

Tabela 3 Análise de variância para pectina total de tomates de cinco cultivares orgânicos e convencionais, com amadurecimento na planta e após a colheita

	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Cultivares	4	43676.9	10919.2	9.03	<0.0001
Maturação	1	225264.5	225264.5	186.38	<0.0001
S.Plantio	1	40303.1	40303.1	33.35	<0.0001
Cultivares*Maturação	4	13593.1	3398.3	2.81	0.0380
Cultivares*S.Plantio	4	78678.7	19669.7	16.27	<0.0001
Maturação*S.Plantio	1	456.4	456.4	0.38	0.5423
Cultivares*Maturação *S.Plantio	4	82797.7	20699.4	17.13	<0.0001
Resíduo	40	48344.2	1208.6		
Total	59	533114.5	9035.8		

CV= 7.09%

Tabela 4 Análise de variância para pectina solúvel de tomates de cinco cultivares orgânicos e convencionais, com amadurecimento na planta e após a colheita

	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Cultivares	4	845.9	211.5	3.97	0.0084
Maturação	1	340.5	340.5	6.39	0.0155
S.Plantio	1	975.5	975.5	18.30	0.0001
Cultivares*Maturação	4	10187.4	2546.8	47.78	<0.0001
Cultivares*S.Plantio	4	11930.3	2982.6	55.96	<0.0001
Maturação*S.Plantio	1	2013.7	2013.7	37.78	<0.0001
Cultivares*Maturação *S.Plantio	4	18267.3	4566.8	85.68	<0.0001
Resíduo	40	2132.1	53.3		
Total	59	46692.7	791.4		

CV= 4.81%

Tabela 5 Análise de variância para firmeza de tomates de cinco cultivares orgânicos e convencionais, com amadurecimento na planta e após a colheita

	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Cultivares	4	0.0290	0.0072	3.99	0.0082
Maturação	1	8.6109	8.6109	4739.93	0.0000
S.Plantio	1	0.0037	0.0037	2.03	0.1623
Cultivares*Maturação	4	0.0204	0.0051	2.80	0.0384
Cultivares*S.Plantio	4	0.0013	0.0003	0.18	0.9473
Maturação*S.Plantio	1	0.0047	0.0047	2.58	0.1163
Cultivares*Maturação *S.Plantio	4	0.0036	0.0009	0.50	0.7348
Resíduo	40	0.0727	0.0018		
Total	59	8.7462	0.1482		

CV= 9.88%

Tabela 6 Análise de variância para AST de tomates de cinco cultivares orgânicos e convencionais, com amadurecimento na planta e após a colheita

	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Cultivares	4	11,4	2,8	69,25	<0.0001*
Maturação	1	3,4	3,4	82,75	<0.0001*
S.Plantio	1	1,5	1,5	35,85	<0.0001*
Cultivares*Maturação	4	1,9	0,5	11,41	<0.0001*
Cultivares*S.Plantio	4	3,6	0,9	22,05	<0.0001*
Maturação*S.Plantio	1	0,2	0,2	6,05	0.0184*
Cultivares*Maturação *S.Plantio	4	2,1	0,5	12,94	<0.0001*
Resíduo	40	1,6	0,0		
Total	59	25,8	0,4		

CV = 8.98%

Tabela 7 Análise de variância para pH de tomates de cinco cultivares orgânicos e convencionais, com amadurecimento na planta e após a colheita

	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Cultivares	4	0,009	0,002	0,259	0,9027
Maturação	1	6,055	6,055	738,8	<0.0001*
S.Plantio	1	0,129	0,129	15,72	0.0003*
Cultivares*Maturação	4	0,004	0,001	0,107	0,9796
Cultivares*S.Plantio	4	0,073	0,018	2,215	0,0846
Maturação*S.Plantio	1	0,004	0,004	0,508	0,4800
Cultivares*Maturação *S.Plantio	4	0,052	0,013	1,596	0,1942
Resíduo	40	0,328	0,008		
Total	59	6,652	0,437		

CV = 2.01%

Tabela 8 Análise de variância para AT de tomates de cinco cultivares orgânicos e convencionais, com amadurecimento na planta e após a colheita

	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Cultivares	4	0,00060	0,00015	2,65	0.0473*
Maturação	1	0,00267	0,00267	47,1	<0.0001*
S.Plantio	1	0,00067	0,00067	11,8	0.0014*
Cultivares*Maturação	4	0,00020	0,00005	0,88	0,4832
Cultivares*S.Plantio	4	0,00033	0,00008	1,47	0,2292
Maturação*S.Plantio	1	0,00006	0,00006	1,06	0,3097
Cultivares*Maturação *S.Plantio	4	0,00024	0,00006	1,06	0,3894
Resíduo	40	0,00227	0,00006		
Total	59	0,00703	0,43666		

CV = 1.92%

Tabela 9 Análise de variância para SS de tomates de cinco cultivares orgânicos e convencionais, com amadurecimento na planta e após a colheita

	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Cultivares	4	3,6	0,9	4,86	0.0027*
Maturação	1	9,6	9,6	52,36	<0.0001*
S.Plantio	1	1,1	1,1	5,82	0.0205*
Cultivares*Maturação	4	1,6	0,4	2,14	0,0941
Cultivares*S.Plantio	4	1,8	0,4	2,41	0,0651
Maturação*S.Plantio	1	1,7	1,7	9,09	0.0044*
Cultivares*Maturação *S.Plantio	4	4,2	1,0	5,68	0.0010*
Resíduo	40	7,3	0,2		
Total	59	30,7	0,5		

CV: 9,88%

Tabela 10 Análise de variância para taninos de tomates de cinco cultivares orgânicos e convencionais, com amadurecimento na planta e após a colheita

	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Cultivares	4	650,1	162,5	39,50	<0.0001*
Maturação	1	1372,2	1372,2	333,51	<0.0001*
S.Plantio	1	1,3	1,3	0,32	0,5742
Cultivares*Maturação	4	1785,7	446,4	108,50	<0.0001*
Cultivares*S.Plantio	4	257,8	64,5	15,67	<0.0001*
Maturação*S.Plantio	1	1,7	1,7	0,41	0,5249
Cultivares*Maturação *S.Plantio	4	480,0	120,0	29,17	<0.0001*
Resíduo	40	164,6	4,1		
Total	59	4713,4	79,9		

CV = 5,01 %

Tabela 11 Análise de variância para vitamina C de tomates de cinco cultivares orgânicos e convencionais, com amadurecimento na planta e após a colheita

	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Cultivares	4	649,5	162,4	38,87	<0.0001*
Maturação	1	210,6	210,6	50,42	<0.0001*
S.Plantio	1	10,9	10,9	2,60	0,1148
Cultivares*Maturação	4	675,9	169,0	40,45	<0.0001*
Cultivares*S.Plantio	4	420,5	105,1	25,17	<0.0001*
Maturação*S.Plantio	1	0,3	0,3	0,08	0,7748
Cultivares*Maturação *S.Plantio	4	401,3	100,3	24,01	<0.0001*
Resíduo	40	167,1	4,2		
Total	59	2536,1	43,0		

CV = 4,96%

Tabela 12 Análise de variância para antioxidante de tomates de cinco cultivares orgânicos e convencionais, com amadurecimento na planta e após a colheita

	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Cultivares	4	0,048	0,012	16,25	<0.0001*
Maturação	1	0,294	0,294	394,63	<0.0001*
S.Plantio	1	0,003	0,003	3,95	0,0539
Cultivares*Maturação	4	0,288	0,072	96,60	<0.0001*
Cultivares*S.Plantio	4	0,379	0,095	127,09	<0.0001*
Maturação*S.Plantio	1	0,049	0,049	66,18	<0.0001*
Cultivares*Maturação *S.Plantio	4	0,536	0,134	179,93	<0.0001*
Resíduo	40	0,030	0,001		
Total	59	1,627	0,028		

CV = 9,31%

Tabela 13 Análise de variância para licopeno de tomates de cinco cultivares orgânicos e convencionais, com amadurecimento na planta e após a colheita

	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Cultivares	4	7,3	1,8	53,62	<0.0001*
Maturação	1	14,0	14,0	408,46	<0.0001*
S.Plantio	1	2,5	2,5	72,49	<0.0001*
Cultivares*Maturação	4	8,5	2,1	62,14	<0.0001*
Cultivares*S.Plantio	4	10,5	2,6	76,43	<0.0001*
Maturação*S.Plantio	1	0,1	0,1	3,29	0,0771
Cultivares*Maturação *S.Plantio	4	2,9	0,7	21,27	<0.0001*
Resíduo	40	1,4	0,0		
Total	59	47,2	0,8		

CV = 7,19%

Tabela 14 Análise de variância para beta-caroteno de tomates de cinco cultivares orgânicos e convencionais, com amadurecimento na planta e após a colheita

	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Cultivares	4	0,73	0,18	56,00	<0.0001*
Maturação	1	0,17	0,17	52,00	<0.0001*
S.Plantio	1	0,41	0,41	126,22	<0.0001*
Cultivares*Maturação	4	0,30	0,08	23,29	<0.0001*
Cultivares*S.Plantio	4	0,25	0,06	19,41	<0.0001*
Maturação*S.Plantio	1	0,00	0,00	0,49	0,4875
Cultivares*Maturação *S.Plantio	4	0,14	0,04	11,09	<0.0001*
Resíduo	40	0,13	0,00		
Total	59	2,15	0,04		

CV = 11,89%

Tabela 15 Análise de variância para clorofila de tomates de cinco cultivares orgânicos e convencionais, com amadurecimento na planta e após a colheita

	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Cultivares	4	0,0088	0,0022	39,77	<0.0001*
Maturação	1	0,0000	0,0000	0,12	0,7309
S.Plantio	1	0,0002	0,0002	4,03	0,0514
Cultivares*Maturação	4	0,0221	0,0055	99,56	<0.0001*
Cultivares*S.Plantio	4	0,0058	0,0015	26,15	<0.0001*
Maturação*S.Plantio	1	0,0010	0,0010	18,74	0.0001*
Cultivares*Maturação *S.Plantio	4	0,0309	0,0077	138,90	<0.0001*
Resíduo	40	0,0022	0,0001		
Total	59	0,0712	0,0012		

CV = 9,44%

Tabela 16 Análise de variância para valor L* de tomates de cinco cultivares orgânicos e convencionais, com amadurecimento na planta e após a colheita

	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Cultivares	4	10,57	2,64	5,18	0.0019*
Maturação	1	3,74	3,74	7,32	0.0100*
S.Plantio	1	0,43	0,43	0,84	0,3661
Cultivares*Maturação	4	11,51	2,88	5,64	0.0011*
Cultivares*S.Plantio	4	9,94	2,49	4,87	0.0027*
Maturação*S.Plantio	1	0,13	0,13	0,26	0,6158
Cultivares*Maturação *S.Plantio	4	2,19	0,55	1,07	0,3841
Resíduo	40	20,43	0,51		
Total	59	58,94	1,00		

CV = 1,65%

Tabela 17 Análise de variância para valor a* de tomates de cinco cultivares orgânicos e convencionais, com amadurecimento na planta e após a colheita

	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Cultivares	4	197,9	49,5	16,26	<0.0001*
Maturação	1	159,6	159,6	52,46	<0.0001*
S.Plantio	1	1,6	1,6	0,54	0,4666
Cultivares*Maturação	4	11,9	3,0	0,98	0,4289
Cultivares*S.Plantio	4	9,5	2,4	0,78	0,5426
Maturação*S.Plantio	1	0,5	0,5	0,15	0,6974
Cultivares*Maturação *S.Plantio	4	20,4	5,1	1,68	0,1737
Resíduo	40	121,7	3,0		
Total	59	523,1	8,9		

CV = 7,86%

Tabela 18 Análise de variância para valor b* de tomates de cinco cultivares orgânicos e convencionais, com amadurecimento na planta e após a colheita

	GL	SQ	QM	Fc	P-valor
Cultivares	4	67,5	16,9	20,84	<0.0001*
Maturação	1	188,8	188,8	233,20	<0.0001*
S.Plantio	1	21,7	21,7	26,82	<0.0001*
Cultivares*Maturação	4	9,9	2,5	3,07	0.0271*
Cultivares*S.Plantio	4	32,2	8,1	9,94	<0.0001*
Maturação*S.Plantio	1	12,2	12,2	15,11	<0.0001*
Cultivares*Maturação *S.Plantio	4	14,2	3,5	4,37	0.0050*
Resíduo	40	32,4	0,8		
Total	59	378,9	6,4		

CV = 4,93%

APÊNDICE B - Ficha do teste sensorial discriminativo triangular

Amostra:

Julgador:

Data:

Você está recebendo três amostras codificadas, sendo duas iguais e uma diferente.

Identifique com um círculo a amostra diferente.

Comentários:

ANEXO

ANEXO A - Teste triangular. Número mínimo de julgamentos corretos para estabelecer significância a vários níveis de probabilidade

Nº total de julgamentos	Níveis de Probabilidade						
	5%	4%	3%	2%	1%	0,5%	0,1%
5	4	5	5	5	5	5	-
6	5	5	5	5	6	6	-
7	5	6	6	6	6	7	7
8	6	6	6	6	7	7	8
9	6	7	7	7	7	8	8
10	7	7	7	7	8	8	9
11	7	7	8	8	8	9	10
12	8	8	8	8	9	9	10
13	8	8	9	9	9	10	11
14	9	9	9	9	10	10	11
15	9	9	10	10	10	11	12
16	9	10	10	10	11	11	12
17	10	10	10	11	11	12	13
18	10	11	11	11	12	12	13
19	11	11	11	12	12	13	14
20	11	11	12	12	13	13	14

Fonte: ABNT (1993)