

## ATMOSFERA CONTROLADA EM TOMATE ‘PITENZA’<sup>1</sup>

André José de Campos<sup>2</sup>; Rogério Lopes Vieites<sup>3</sup>; Leandro Camargo Neves<sup>4</sup>; Pedro Antonio Robles<sup>5</sup>;  
Antonio Asencio Calderón Garcia<sup>6</sup>

**Resumo:** O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da atmosfera controlada (AC) na conservação de tomates ‘PitENZA’, pela avaliação de variáveis química, bioativas e enzimática. Os frutos foram colhidos na região de Cartagena – Espanha e, imediatamente após a colheita, transportados ao Laboratório, onde foram mantidos a  $12 \pm 1^\circ\text{C}$  por 21 dias. Os frutos foram submetidos aos seguintes tratamentos: Ar (controle: 21% O<sub>2</sub>: 0,03% CO<sub>2</sub>), AC1 (5% O<sub>2</sub>:5% CO<sub>2</sub>) e AC2 (5% O<sub>2</sub>:1% CO<sub>2</sub>). Avaliou-se o teor de ácido ascórbico, polifenóis, capacidade antioxidante, licopeno, carotenóides e lipoxigenase. Os resultados permitiram concluir que os frutos controle, não submetidos a AC, apresentaram a melhor manutenção da qualidade dos tomates ‘PitENZA’ durante o período experimental.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Solanum lycopersicum*; antioxidantes; bioativos; lipoxigenase.

## CONTROLLED ATMOSPHERE IN ‘PITENZA’ TOMATOES

**Abstract:** This study aimed to evaluate the effect of controlled atmosphere (CA) in the conservation of tomatoes 'PitENZA', by the evaluation of chemical variables, bioactives and enzymatic. The fruits were harvested in the region of Cartagena - Spain and, immediately after harvest, transported to the laboratory, where they were maintained at  $12 \pm 1^\circ\text{C}$  for 21 days. The fruits were subjected to the following treatments: Air (control: 21% O<sub>2</sub>: 0,03% CO<sub>2</sub>), CA1 (5% O<sub>2</sub>:5% CO<sub>2</sub>) e CA2 (5% O<sub>2</sub>:1% CO<sub>2</sub>). The evaluations were conducted as the ascorbic

---

<sup>1</sup> Parte da tese de doutorado do primeiro autor

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, Prof. Doutor, Universidade Estadual de Goiás, UEG/Anápolis-GO, andre.jose@ueg.br

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, Prof. Titular, Universidade Estadual Paulista, UNESP/Botucatu-SP, vieites@fca.unesp.br

<sup>4</sup> Engenheiro Agrônomo, Prof. Doutor, Universidade Federal de Roraima, UFRR/Boa Vista-RR, rapelbtu@gmail.com

<sup>5</sup> Engenheiro Agrônomo, Doutor, Universidad Politécnica de Cartagena, UPCT/Cartagena-Espanha, compraor2@hotmail.com

<sup>6</sup> Engenheiro Agrônomo, Prof. Doutor, Universidad Politécnica de Cartagena, UPCT/Cartagena-Espanha, antonio.calderon@upct.es

acid content, polyphenols, antioxidant capacity, lycopene, carotenoids and lipoxygenase. Under the conditions in which the experiment was conducted, the results showed that the fruits control, not subjected to AC, showed the better maintenance of 'Pitenza' tomatoes quality during the experimental period.

**KEYWORDS:** *Solanum lycopersicum*; antioxidants; bioactive; lipoxygenase.

## INTRODUÇÃO

As perdas pós-colheita podem alcançar níveis elevados dependendo das espécies, métodos de colheita, tempo de armazenamento e condições de comercialização. A maioria dos fatores limitantes ao armazenamento de frutos e hortaliças frescos são: senescência, deterioração por microrganismos e transpiração (ALLENDE e ARTÉS, 2003).

Os tomates (*Solanum lycopersicum* L.) são caracterizados pelo elevado conteúdo em água, apresentando também forte tendência a perda de massa fresca, provocando murchamento e enrugamento nos frutos, aumentando a suscetibilidade à invasão por microrganismos e a lesões por danos mecânicos (NUEZ, 2001). Além disso, outros fatores também podem incidir sobre a qualidade dos tomates, como os biológicos ou intrínsecos ao fruto (atividade respiratória, produção de etileno, mudanças na composição e

danos internos), assim como fatores ambientais, tais como a temperatura, umidade relativa, composição da atmosfera e concentração de etileno (NUEZ, 2001).

A cultivar Pitenza apresenta pela lisa e fina, formato arredondado, extraordinariamente firme e de coloração atrativa, tamanho pequeno e características sensoriais apreciadas pelo consumidor, tanto para o produto *in natura* quanto para o processamento agroindustrial (ENZA ZADEN ESPAÑA, 2007).

Numerosas investigações têm demonstrado que o consumo regular de tomates pode prevenir certos tipos de enfermidades, como o câncer, devido à presença do licopeno, um importante carotenóide com propriedades funcionais (ENZA ZADEN ESPAÑA, 2007). Nesse sentido, esse pigmento pode ser considerado como excelente antioxidante e depurador de produtos tóxicos e tem sido muito recomendado

em dietas de emagrecimento (ENZA ZADEN ESPAÑA, 2007).

O armazenamento em atmosfera controlada (AC) tem sido mostrado ser uma tecnologia que pode contribuir na manutenção da qualidade dos frutos, em que, em certas circunstâncias, com certas cultivares e tratamentos apropriados, a vida de prateleira pode ser altamente estendida (THOMPSON, 2010). Dos 3 gases mais usados na AC (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> e etileno), o CO<sub>2</sub> apresenta significativa e direta atividade antimicrobiana devido à alteração da função da membrana celular, incluindo efeitos na absorção dos nutrientes, inibição das enzimas ou diminuição na taxa de reações das enzimas e mudanças nas propriedades físico-químicas das proteínas (LUNARDI, 2009).

Para Lana e Finger (2000), o maior benefício da atmosfera controlada é prevenir o início do amadurecimento e a senescência dos produtos em função da espécie do fruto, da cultivar, do estágio de maturação e das respostas fisiológicas decorrentes do etileno. Desse modo, a diminuição dos níveis de O<sub>2</sub> e/ou aumento dos níveis de CO<sub>2</sub> podem reduzir a respiração, retardar o amadurecimento, diminuir a produção de etileno, retardar o amolecimento,

diminuir as alterações dos compostos associados com o amadurecimento, com isso resultando na extensão da vida de prateleira do produto. Segundo Thompson (2010), a quantidade de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> que pode causar problemas na coloração, firmeza e gerar *off-flavors* é menor que 2% para O<sub>2</sub> e maior que 5% para CO<sub>2</sub>.

Brackmann et al. (2006) relataram resultados promissores quanto a utilização da AC na preservação da qualidade em diversas espécies vegetais. Contudo, nem sempre os resultados apontam para uma resposta clara e definitiva, principalmente ao que concerne as propriedades químicas e funcionais dos frutos.

Nesse sentido, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da atmosfera controlada (AC) na conservação de tomates 'Pitenza', pela avaliação de variáveis química, bioativas e enzimática.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados tomates 'Pitenza' provenientes da região de Cartagena – Espanha. A cultivar Pitenza (longa-vida), de tipo convencional, foi cultivada em estufa, sob o clima

mediterrâneo de Mazarrón (Murcia/Espanha) e colhido no mês de janeiro de 2007. A altitude da região de Cartagena é de 0 m, latitude é de 38°N, longitude 1°O, temperatura media anual 18°C e precipitação media anual 350 mm. Após a colheita, os tomates foram imediatamente transportados ao Laboratório de Postrecolección e Refrigeración do Departamento de Ciencia y Tecnologia Agrária – Universidad Politécnica de Cartagena/Espanha, onde foram pré-resfriados a 12°C por 12 horas. Posteriormente, os frutos foram selecionados quanto ao tamanho e aspectos visuais (injúrias e defeitos), visando uniformizar o lote.

Os tratamentos a que os tomates ‘Pitenza’ foram submetidos visando quantificar o efeito da atmosfera controlada (AC) foram: Ar (controle: 21% O<sub>2</sub>:0,03% CO<sub>2</sub>), AC1 (5% O<sub>2</sub>:5% CO<sub>2</sub>) e AC2 (5% O<sub>2</sub>:1% CO<sub>2</sub>). A aplicação da atmosfera controlada foi realizada no laboratório, onde os tomates foram acondicionados no interior de 12 potes, sendo 6 de plástico (11 L) e 6 de vidro (3 L), pelos quais ocorreu a passagem de um fluxo continuo e umidificado de 30 mL min<sup>-1</sup> de diferentes concentrações de gases

(O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>) através de 3 “Flowboards”, um para cada atmosfera. Após, os tomates serem submetidos aos tratamentos propostos, sendo armazenados em câmara frigorífica, a 12±1°C e 90±5% de UR, por 21 dias.

As análises química, bioativas e enzimática para os tomates ‘Pitenza’ foram realizadas a cada 7 dias, num período de 21 dias (0, 7, 14 e 21 dias), segundo os parâmetros descritos abaixo:

Os compostos antioxidantes (capacidade antioxidante e teor de polifenóis) foram determinados segundo o descrito por Marigo (1973), e consistiu em adicionar 3 mL de metanol puro a 0,5 g de amostra, em frascos de 30 mL, onde agitou-se e manteve-se durante uma hora no frio (0°C) e no escuro. Posteriormente, estas amostras foram transferidas dos frascos para tubos *ependorf* de 2 mL e centrifugados a 15000 G durante 10 min, à 4°C. Após, o sobrenadante foi transferido para tubo de 5 mL, que foi guardado em banho de gelo até a leitura. Para o conteúdo de polifenóis, realizou-se duas medidas, em duplicata, por amostra, reagindo-se 100 µL de extrato, 150 µL do reagente de Folin Ciocalteu e 1000 µL da mistura (0,4 % de NaOH e 2 % de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Depois, agitou-se e

manteve-se por uma hora no escuro. Em seguida, realizou-se a leitura em espectrofotômetro a 750 nm, sendo os resultados expressos em mg eq ácido clorogênico  $100\text{g}^{-1}$  p.f.. No caso da capacidade antioxidante, preparou-se o DPPH (2,2 difenil-1 picrilhidrazil) para que sua absorbância, medida a 517 nm, fosse em torno de 1,000. Utilizou-se dois tubos *ependorf* por amostra, nos quais se adicionou 25  $\mu\text{L}$  de amostra e 675  $\mu\text{L}$  de DPPH. Após a adição, foram deixados uma hora no escuro antes de se fazer a medida a 517 nm. Os resultados foram expressos em  $\text{g}^{-1}$ . Para a determinação dos teores de carotenóides totais e licopeno, segundo o protocolo descrito por Davuluri et al. (2005), pesou-se 0,5 g de amostra em tubos Falcons de 50 mL, aos quais adicionou-se 15 mL da mistura acetona e metanol (2:1) e 9 mL de hexano. Agitou-se e os tubos foram mantidos no escuro, sob condição refrigerada ( $0^{\circ}\text{C}$ ) durante 4 – 5 horas. Posteriormente, adicionou-se 25 mL de NaCl 1M fria e centrifugou-se a 1150 G durante 30 min, a  $4^{\circ}\text{C}$ . Em seguida, tomou-se 1 mL do sobrenadante e fez-se a leitura a 470 nm (carotenóides totais) ou a 504 nm (licopeno), sendo os resultados expressos em  $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$  p.f.;

A determinação da enzima pró-oxidante foi por meio do ensaio cinético da atividade lipoxigenase foi realizado segundo o protocolo descrito por Shook et al. (2001), em meio de reação composto por 1 parte de solução do substrato e 25 partes de tampão fosfato de potássio a 200 mM, pH 6,5. A solução de substrato foi composta por 7,5 mM de ácido linoleico e 0,5 % (p/v) de Tween 20. A 2,5 mL desse meio de reação adicionaram-se 0,1 - 0,5 mL de extrato enzimático e as mudanças na absorbância foram lidas a 234 nm durante 3 min, a  $30^{\circ}\text{C}$ , sendo os resultados expressos em  $\text{nkat } \text{g}^{-1}$  p.f.;

A determinação do ácido ascórbico foi segundo o método colorimétrico que utiliza o DCFI (2,6-diclorofenol indolfenol-sódico) como reagente, e leitura espectrofotométrica a 524 nm, com os resultados expressos em mg de ácido ascórbico  $100\text{g}^{-1}$  de polpa (IAL, 2008).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e a comparação de médias foi efetuada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, seguindo esquema fatorial com  $3 \times 4$  (doses x tempo), contendo 3 tratamentos, 3

repetições e 3 unidades amostrais por repetição.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando as médias das atmosferas controladas dentro dos dias de análise (Tabela 1), observou-se diferença entre as atmosferas testadas em todos os dias de avaliação, com exceção para a avaliação inicial.

No 7º dia o tratamento somente com ar atmosférico proporcionou os maiores teores médios de polifenóis quando comparado aos demais tratamentos. Para o 14º dia as atmosferas com 5% O<sub>2</sub>:1% CO<sub>2</sub> e 5% O<sub>2</sub>:5% CO<sub>2</sub> proporcionaram as maiores médias dessa variável resposta. No 21º dia, novamente a atmosfera com 5% O<sub>2</sub>:5% CO<sub>2</sub> evidenciou as maiores médias, entretanto, não diferindo estatisticamente do tratamento com ar atmosférico. Em relação ao observado, verificou-se que a atmosfera 5% O<sub>2</sub>:1% CO<sub>2</sub> não se mostrou eficiente na contenção das perdas de polifenóis até o final do experimento, enquanto que a utilização da atmosfera composta de 5% O<sub>2</sub>:5% CO<sub>2</sub> pode proporcionar estabilidade na concentração de polifenóis, até 21 dias de armazenamento

refrigerado, para tomates 'Pitenza'. Além dos tomates possuírem baixos teores de polifenóis (MONTEIRO et al., 2008), essa manutenção proporcionada pela atmosfera com 5% CO<sub>2</sub> ocorreu devido a maior porcentagem de gás carbônico aplicado na atmosfera controlada, sendo eficiente na redução da atuação do oxigênio atmosférico sobre os compostos fenólicos (FATIBELLO-FILHO e VIEIRA, 2002).

Para os frutos submetidos ao controle o dia inicial evidenciou as maiores médias, diferindo somente do 14º dia. Os frutos armazenados com 5% O<sub>2</sub>:5% CO<sub>2</sub> as maiores médias foram evidenciadas no 21º, diferindo apenas do 7º dia de análise. Já os frutos submetidos à atmosfera de 5% O<sub>2</sub>:1% CO<sub>2</sub> foi constatado logo no primeiro dia de análise as maiores médias de polifenóis durante o período experimental, porém não diferindo estatisticamente do 14º dia. O conteúdo de polifenóis sofreu oscilações constantes durante o período experimental, porém sempre apresentando padrões decrescentes entre os dias 0/14 e 7/21. Esses padrões decrescentes são devidos a diminuição do ácido clorogênico durante o

amadurecimento do fruto até o final do período (AWAD et al., 2001),

Com relação às médias observadas, verificou-se a ocorrência de decréscimo logo após o dia inicial nos valores de polifenóis, em todos os tratamentos testados. Posteriormente, no 21º dia de análise, observou-se o aumento dos conteúdos de polifenóis nos frutos refrigerados e submetidos a AC. Esse decréscimo inicial foi mais visível nos frutos expostos a atmosferas com 5%CO<sub>2</sub>. Em contrapartida, foram esses mesmos frutos que apresentaram as maiores médias de polifenóis nos dias de análises subsequentes, não diferindo estatisticamente do 1%CO<sub>2</sub> no 14º dia e do tratamento com ar atmosférico no último dia de avaliação. Muitos estudos têm mostrado que os compostos polifenólicos geralmente diminuem em frutos climatérios, como tomates, bananas, mangas e goiabas durante o amadurecimento (MITRA e

BALDWIN, 1997). Da mesma maneira, mudanças significativas também foram observadas por Kim et al. (2007), ao trabalhar com manga em 3 atmosferas controladas, verificando que o fruto exibiu diminuição no conteúdo de polifenóis durante o amadurecimento dos frutos, fato esse semelhante ao constatado neste experimento.

As médias dos teores de polifenóis encontrados neste trabalho variaram entre 65,15 a 106,76 mg eq ácido clorogênico 100g<sup>-1</sup> p.f., sendo esses valores abaixo dos encontrados por Odriozola-Serrano et al. (2007), trabalhando com diferentes cultivares de tomate ('Rambo', 'Durinta', 'Bodar', 'Pitenza', 'Cencara' e 'Bola') e por Georgé et al. (2011), que, trabalhando com tomate 'Cheers', observaram valores médios de polifenóis na faixa de 268,00 mg eq ácido clorogênico 100g<sup>-1</sup> p.f.

**Tabela 1** - Variação média nos teores de Polifenóis (mg eq ácido clorogênico 100g<sup>-1</sup> p.f.) em tomates ‘Pitenza’, armazenados sob atmosfera controlada à 12±1°C e 90±5% UR, por 21 dias. Cartagena, UPCT, Espanha.

Tratamentos	Polifenóis (mg eq ácido clorogênico 100g <sup>-1</sup> p.f.)		
	Ar	5% O <sub>2</sub> :5% CO <sub>2</sub>	5% O <sub>2</sub> :1% CO <sub>2</sub>
0 dia	106,76 Aa	106,76 Aa	106,76 Aa
7 dias	92,91 Aa	47,35 Bb	55,19 Bb
14 dias	61,14 Bb	94,35 Aa	97,66 Aa
21 dias	94,01 Aa	116,62 Aa	46,68 Bb

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Observando as médias das atmosferas controladas nos dias de análise (Tabela 2), evidenciou-se a ocorrência de diferença significativa apenas dentro do 14º dia, onde a atmosfera 5% O<sub>2</sub>:5% CO<sub>2</sub> mostrou as maiores médias para a atividade da lipoxigenase, enquanto que nos demais dias de análise não foi observado qualquer efeito significativo das médias obtidas. A atmosfera 5% O<sub>2</sub>:1% CO<sub>2</sub>, proporcionou a menor atividade da lipoxigenase sobre os tomates analisados, diferindo estatisticamente apenas no 14º dia de análise. Nesse sentido, também acredita-se que esses frutos apresentariam menor eficiência no controle microbiológico, visto que, as lipoxigenases estão presentes em inúmeros processos fisiológicos do fruto, principalmente quanto aos mecanismos de defesa (BATISTA et al., 2002), tais como: biossíntese de

compostos regulatórios (ácido traumático e ácido jasmônico), o crescimento, desenvolvimento, senescência, germinação de sementes, resposta a ferimentos, reserva vegetativa e resistência a insetos e patógenos.

Para as médias dos dias de análise dentro das atmosferas testadas, observou-se diferença significativa para esse parâmetro somente quando utilizado a atmosfera com 5% O<sub>2</sub>:5% CO<sub>2</sub>, onde verificou-se o aumento da atividade da lipoxigenase do 7º até o 14º dia. Posteriormente, aos 21 dias, detectou-se a queda da atividade da lipoxigenase nos frutos desse tratamento. Para os demais tratamentos testados, não foi observada diferença estatística significativa. Discordando do observado por Baysal et al. (2006), que verificaram que a atividade da lipoxigenase diminuiu

significativamente em tomates durante o armazenamento refrigerado. Desta forma, verificou-se aumento da atividade da lipoxigenase somente nos frutos armazenados sob a atmosfera contendo 5%O<sub>2</sub>:5%CO<sub>2</sub>. A atividade da lipoxigenase observada nesse tratamento variou de 401,36 para 1053,39 nkat g<sup>-1</sup> p.f.. Isso, provavelmente, devido ao estresse

causado pela elevada concentração de CO<sub>2</sub> nessa atmosfera, causando degradação seqüencial de lipídios iniciada pelas lipoxigenases. De uma maneira geral, as médias dos valores da atividade da lipoxigenase oscilaram entre 378,03 a 684,94 nkat g<sup>-1</sup> p.f., sendo similares aos encontrados na literatura para tomate (SHOOK et al., 2001).

**Tabela 2.** Variação média da Atividade da Lipoxigenase (nkat g<sup>-1</sup> pf) em tomates ‘Pitenza’, armazenados sob atmosfera controlada à 12±1°C e 90±5% UR, por 21 dias. Cartagena, UPCT, Espanha

Tratamentos	Atividade da Lipoxigenase (nkat g <sup>-1</sup> pf)		
	Ar	5%O <sub>2</sub> :5%CO <sub>2</sub>	5%O <sub>2</sub> :1%CO <sub>2</sub>
0 dia	463,54 Aa	463,54 Ba	463,54 Aa
7 dias	445,63 Aa	406,96 Ba	440,78 Aa
14 dias	638,49 Ab	1053,39 Aa	362,94 Ac
21 dias	459,82 Aa	401,36 Ba	272,93 Aa

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Com base na Tabela 3, referente às variáveis respostas carotenóides totais, licopeno, ácido ascórbico e capacidade antioxidante, observou-se a não ocorrência da interação significativa entre os fatores atmosferas x tempo, evidenciando somente diferença estatística entre os fatores isolados.

Em relação ao comportamento dos carotenóides totais entre os dias de análise, evidenciou-se que o dia inicial

apresentou as menores médias desse parâmetro, diferindo estatisticamente dos demais dias de análise. Nesse sentido, observou-se aumentos progressivos nos conteúdos de carotenóides totais do dia inicial até o final do período experimental. Condiciona-se esse aumento ao metabolismo bioquímico relacionado ao amadurecimento dos frutos submetidos a refrigeração e ao armazenamento em

atmosferas controladas. O mesmo descrito por Muratore et al. (2005), que trabalhando com tomate 'Iride' observaram que o conteúdo de carotenóides totais aumentou com o tempo de armazenamento, em todas as embalagens investigadas. Quanto a influência da atmosfera controlada no conteúdo de carotenóides totais, observou-se que os frutos armazenados expostos ao ar atmosférico demonstraram as maiores médias desse parâmetro, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. Dados esses concordantes com Nakhasi et al. (1991), que verificaram que baixas concentrações de O<sub>2</sub> ambiente retardam a degradação de carotenóides nos diferentes estádios de maturação do tomate. Quando analisados os frutos submetidos às atmosferas controladas, verificou-se que quanto maior a porcentagem de CO<sub>2</sub> menor os valores médios encontrados para carotenóides totais, embora não evidenciado diferença estatística entre ambos os tratamentos. Assim, acredita-se que esses frutos estavam em estágio menos avançado de amadurecimento quando em comparação aos frutos controle.

Da mesma maneira que os carotenóides, também verificou-se

aumentos progressivos nos conteúdos de licopeno do início ao final do armazenamento, onde o dia inicial proporcionou as menores médias, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. Isso pode ser considerado como favorável do ponto de visto químico funcional, pois o aumento da concentração do licopeno em frutos maduros pode estar associado a ação anti-carcinogênica nos tecidos celulares humanos (TAPIERO et al. 2004). Resultados semelhantes foram descritos por Yahia et al. (2007), que relataram o aumento nos conteúdos de licopeno ao longo do período de armazenamento refrigerado e por Guil-Guerrero e Reboloso-Fuentes (2009), que afirmaram a ocorrência de intensa síntese de licopeno durante o armazenamento pós-colheita de diferentes cultivares de tomate ('Cherry', 'Cherry Pera', 'Daniela Larga Vida', 'Lido', 'Pera', 'Racimo', 'Raf' e 'Rambo'). Ao observar o efeito da atmosfera controlada no licopeno, verificou-se que os frutos submetidos ao ar atmosférico revelaram as maiores médias, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. Os frutos submetidos a atmosfera controlada com concentrações de 5% O<sub>2</sub>:1% CO<sub>2</sub> e

5% O<sub>2</sub>:5% CO<sub>2</sub>, a exemplo dos resultados para os carotenóides totais, não diferiram estatisticamente entre si.

A capacidade antioxidante não foi influenciada pela ação da atmosfera controlada, apresentando valores decrescentes ao longo do período experimental. Resultados diferentes foram observados por Tian et al. (2004), que relataram que o armazenamento sob atmosfera controlada foi mais efetivo na prevenção e/ou redução da velocidade dos processos degradativos dos frutos. Nesse contexto, os autores justificaram que a maior estabilidade da capacidade antioxidante e a própria ação da atmosfera controlada durante o armazenamento, possivelmente tenham corroborado para a melhor preservação da qualidade dos frutos. Contudo, ao analisar os resultados aqui obtidos, observa-se que o padrão contrário de aumentos progressivos nos conteúdos de carotenóides totais e licopeno do dia 0 ao dia 21, quando comparado aos decréscimos da atividade antioxidante, supostamente, permitem concluir que esses pigmentos, aparentemente, não exerceram influência direta na atividade antioxidante dos tomates 'Pitenza'. Esse

efeito contrário ocorreu pois em concentrações elevadas a capacidade antioxidante dos carotenóides é diminuída e o licopeno formado acaba apresentando efeitos pró-oxidantes no tomate. Em altas concentrações eles podem alterar as propriedades das membranas biológicas, influenciando a permeabilidade a toxinas, ao oxigênio ou metabólitos (CERQUEIRA et al., 2007).

Quanto ao conteúdo de ácido ascórbico nos frutos, o tempo de armazenamento não influenciou estatisticamente os resultados alcançados. Nesse sentido, ficou evidenciado apenas o efeito dos tratamentos em relação ao teor de ácido ascórbico, onde os frutos controle mostraram as maiores médias desse parâmetro quando comparados aos frutos armazenados em atmosfera controlada. Dados semelhantes aos relatados por Yahia et al. (2007), que trabalhando com tomates 'Rhapsody', observaram que os frutos armazenados sem qualquer tipo de controle da atmosfera gasosa revelaram os maiores níveis de ácido ascórbico.

**Tabela 3.** Variação média de Carotenóides Totais ( $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$  p.f.), Licopeno ( $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$  p.f.), Capacidade Antioxidante ( $\text{g}^{-1}$ ) e Ácido Ascórbico ( $\mu\text{g } \text{g}^{-1}$  p.f.) em tomates ‘Pitenza’, armazenados sob atmosfera controlada à  $12\pm 1^\circ\text{C}$  e  $90\pm 5\%$  UR, por 21 dias. Cartagena, UPCT, Espanha.

Tratamentos	Carotenóides Totais ( $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ p.f.)	Licopeno ( $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ p.f.)	Capacidade Antioxidante ( $\text{g}^{-1}$ )	Ácido Ascórbico ( $\mu\text{g } \text{g}^{-1}$ p.f.)
Ar	5,24 A	3,05 A	57,47 A	194,59 A
5% O <sub>2</sub> :5% CO <sub>2</sub>	4,28 B	2,44 B	65,38 A	174,66 AB
5% O <sub>2</sub> :1% CO <sub>2</sub>	4,68 AB	2,70 AB	62,08 A	158,20 B
0 dia	3,66 B	2,00 B	77,13 A	177,23 A
7 dias	4,64 A	2,70 A	53,92 B	178,90 A
14 dias	5,29 A	3,08 A	58,16 B	174,16 A
21 dias	5,34 A	3,14 A	57,36 B	172,98 A

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

## CONCLUSÃO

Em relação aos resultados e discussões acima detalhados e nas condições em que o experimento foi realizado, não foi possível constatar a ocorrência de efeito direto nas modificações das concentrações de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> sobre a atividade antioxidante e enzimática na conservação do tomate ‘Pitenza’ armazenado sob atmosfera controlada, constatando que o armazenamento com 1% CO<sub>2</sub> não propiciou efeitos positivos nos parâmetros analisados.

## AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível

Superior (CAPES), pela bolsa concedida durante o Doutorado.

## REFERÊNCIAS

- ALLENDE, A.; ARTÉS, F. UV-C radiation as a novel technique for keeping quality of fresh processed ‘lollo rosso’ lettuce. **Food Research International**, v.36, p.739-746, 2003.
- AWAD, M. A.; DE JAGER, A.; VAN WESTING, L. M. Flavonoid and chlorogenic acid changes in skin of ‘Elstar’ and ‘Jonagold’ apples during development and ripening. **Scientia Horticulturae**, v. 90, p. 69-83, 2001.

- BATISTA, R. B.; OLIVEIRA, M. G. A.; PIRES, C. V.; PIOVESAN, N. D.; REZENDE, S. T.; MOREIRA, M. A. Caracterização bioquímica e cinética de lipoxigenases de plantas de soja submetidas à aplicação de ácidos graxos poliinsaturados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, vol.37, n.11, Brasília, Nov. 2002.
- BAYSAL, T.; DEMIRDÖVEN, A.; ERSUS, S. Loss assessment and color that occur during storage of frozen tomatoes. Turkey 9. **Gıda Kongresi**, Bolu; p. 599–602, 2006.
- BRACKMANN, A.; STEFFENS, C. A.; SESTARI, I.; NEUWALD, D. A.; GIEHL, R. F. H.. Armazenamento em atmosfera modificada e controlada de banana 'Prata' com absorção de etileno. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 5, 2006.
- CERQUEIRA, F.M.; MEDEIROS, M.H.G. de; AUGUSTO, O. Antioxidantes dietéticos: controvérsias e perspectivas. **Química Nova**, v.30, n.2, p.441-449, 2007.
- DAVULURI, G. R.; TUINEN, A. V.; FRASER, P. D.; MANFREDONIA, A.; NEWMAN, R.; BURGESS, D.; BRUMMELL, D. A.; KING, S. R.; PALYS, J.; UHLIG, J.; BRAMLEY, P. M.; PENNING, H. M. J.; BOWLER, C. Fruit-specific RNAi-mediated suppression of DET1 enhances carotenoid and flavonoid content in tomatoes. **Nature Biotechnology**, v.23, p. 890-895, 2005.
- ENZA ZADEN ESPAÑA, S. L. **Tomate 'pitenza', la perfección en ramo**. 2007. Disponível em <http://www.frutas-hortalizas.com/FichaProducto.php?idEmpresa=15087&idProducto=3443#>. Acessado em 15 de agosto de 2007.
- FATIBELLO-FILHO, O.; VIEIRA, I. C. Uso analítico de tecidos e de extratos brutos vegetais como fonte enzimática. **Química Nova**, v. 25, n. 3, p. 455-464, 2002.
- GEORGÉ, S.; TOURNIAIRE, F.; GAUTIER, H.; GOUPY, P.; ROCK, E.; CARIS-VEYRAT, C. Changes in the contents of carotenoids, phenolic compounds and vitamin C during technical processing and lyophilisation of red and yellow tomatoes. **Food Chemistry**, n.124, p. 1603-1611, 2011.

- GUIL-GUERRERO, J. L.;  
REBOLLOSO-FUENTES, M. M.  
Nutrient composition and antioxidant activity of eight tomato (*Lycopersicon esculentum*) varieties. **Journal of Food Composition and Analysis**, n. 22, p.123–129, 2009.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ (São Paulo). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea – São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008, p. 1020.
- KIM, Y.; BRECHT, J. K.; TALCOTE, S. T. Antioxidant phytochemical and fruit quality changes in mango (*Mangifera indica* L.) following hot water immersion and controlled atmosphere storage. **Food Chemistry**, v.105, p.1327-1334, 2007.
- LANA, M. M.; FINGER, F. L.  
**Atmosfera modificada e controlada: aplicação na conservação de produtos hortícolas**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia/Embrapa Hortaliças, 2000. 34p.
- LUNARDI, R. Tecnologia de Armazenamento em Atmosfera Controlada In: Neves, L. C. **Manual Pós-Colheita da Fruticultura Brasileira**. Londrina: EDUEL, 2009. p.412-418.
- MARIGO, G. Sur une méthode de fractionnement et d'estimation des composés phénoliques chez les végétaux. **Analisis**, v.2, p.106-110, 1973.
- MITRA, S. K.; BALDWIN, E. A. Mango. In: MITRA, S. K. (Ed.). **Postharvest physiology storage of tropical and subtropical fruit**. New York: CAB Internacional, 1997. p.85-122.
- MONTEIRO, C. S.; BALBI, M. E.; MIGUEL, O. G.; PENTEADO, P. T. P. S.; HARACEMIV, S. M. C. Qualidade nutricional e antioxidante do tomate 'Tipo Italiano'. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 1, p. 25-31, 2008.
- MURATORE, G.; DEL NOBILE, M. A.; BUONOCORE, G. G.; LANZA, C. M.; ASMUNDO, C. N. The influence of using biodegradable packaging films on the quality decay kinetic of plum tomato

- (PomodoroDatterino). **Journal of Food Engineering**, v.67, p.393-399, 2005.
- NAKHASI, S.; SCHLIMME, D.; SOLOMOS, T. Storage potential of tomatoes harvested at the breaker stage using modified atmosphere packaging. **Journal of Food Science**, v.56, p.55-59, 1991.
- NUEZ, F. Criterios de calidad e índices de madurez. In: **El cultivo del tomate**. Madrid: Mundi-Prensa, 2001. p.591-623.
- ODRIOZOLA-SERRANO, I.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTÍN-BELLOSO, O. Effect of minimal processing on bioactive compounds and color attributes of fresh-cut tomatoes. **Swiss Society of Food Science and Technology**, 2007.
- SHOOK, C. M.; SHELLHAMMER, T.H.; SCHWARTZ, S.J. Polygalacturonase, pectinesterase, and lipoxygenase activities in high-pressure-processed diced tomatoes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.49, p.664-668, 2001.
- TAPIERO, H.; TOWNSEND, D. M.; TEW, K. D. The role of carotenoids in the prevention of human pathologies. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v.58, p.100-110, 2004.
- THOMPSON, A. K. **Controlled atmosphere storage of fruits and vegetables**. 2nd ed. Oxfordshire: CABI Head Office, 2010. 258p.
- TIAN, S. P.; JIANG, A. L.; XU, Y.; WANG, Y. S. Responses of physiology and quality of sweet cherry fruit to different atmospheres in storage. **Food Chemistry**, v.87, p.43-49, 2004.
- YAHIA, E. M.; SOTO-ZAMORA, G.; BRECHT, J. K.; GARDEA, A. Postharvest hot air treatment effects on the antioxidant system in stored mature-green tomatoes. **Postharvest Biology and Technology**, v.44, p.107-115, 2007.