

Atividade Antioxidante Total da Polpa de Tomate Submetida ao Processamento Térmico Doméstico em Diferentes Tempos

Antioxidant Activity of the Tomato Pulp Submitted to Domestic Thermal Processing at Different Times

Wilson César de Abreu^{a*}; Maria de Fátima Piccolo Barcelos^a

^aDepartamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, Brasil

*E-mail: wilson@dca.ufla.br

Recebido: 3 de janeiro de 2012; Aceito: 16 de março de 2012.

Resumo

A ação benéfica do tomate é atribuída ao alto potencial antioxidante desse fruto, que é resultado da presença de compostos antioxidantes como o licopeno, compostos fenólicos e vitamina C. O processamento térmico pode afetar significativamente o teor das substâncias antioxidantes presentes no tomate, podendo reduzir ou aumentar seus efeitos benéficos à saúde humana. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito do tempo de cozimento em condições domésticas sobre o teor dos principais compostos antioxidantes e sobre a atividade antioxidante total *in vitro* (AAT) da polpa de tomate. Os tomates da cultivar *Débora* foram cozidos em recipientes de aço inoxidável em fogão doméstico durante 0, 15, 30, 45, 60, 75 e 90 minutos. Foram determinados os teores de fenólicos totais, vitamina C, licopeno e β -caroteno da polpa de tomate. A AAT foi determinada utilizando o método do sequestro do radical livre DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) e do sistema β -caroteno/ácido linoleico. O cozimento da polpa de tomate aumentou sua AAT, cujo aumento foi mais expressivo até os 15 minutos no método do sistema β -caroteno/ácido linoleico e até 30 minutos no método do DPPH. Foi observado significativo aumento dos teores de licopeno, β -caroteno e fenólicos totais e diminuição do teor de vitamina C. De modo geral, o tratamento térmico reduz o valor nutritivo dos alimentos, porém este estudo apresentou um aumento nas características antioxidantes do tomate, permitindo que o consumidor obtenha maiores benefícios ao cozinhar o tomate antes do consumo.

Palavras-chaves: Alimentos. Compostos Fenólicos. beta Caroteno.

Abstract

The beneficial effect of tomatoes is attributed to the high antioxidant potential of fruit, which is the result of the presence of antioxidant compounds such as lycopene, phenolics and vitamin C. Heat processing can significantly affect the level of antioxidants in tomatoes, which may reduce or increase its beneficial effects to human health. The objective of this study was evaluating the effect of cooking time under domestic conditions upon the content of the main antioxidant compounds and the total antioxidant activity in vitro (AAT) of the tomato pulp. The tomatoes from cultivar Débora were cooked in stainless steel containers in domestic stove by 0, 15, 30, 45, 60, 75 and 90 minutes. The contents of total phenolics, vitamin C, lycopene and β -carotene in the tomato pulp were determined. AAT was determined by using the DPPH and β -carotene/linoleic methods. The cooking of the tomato pulp increased its AAT and the increase was more marked till the 15 minutes in the β -carotene/linoleic acid system and till 30 minutes in the DPPH method. The results showed a significant increase of the contents of lycopene, β -carotene and total phenolics and a decrease in the vitamin C content. In general, the heat treatment reduces the nutritive value of foods, but, this study showed an increase in the antioxidant properties of tomato, allowing the consumer to obtain greater benefits in the cooking of tomatoes prior to consumption.

Keywords: Food. Phenolic Compounds. beta Carotene.

1 Introdução

O tomate é uma importante *commodity* agrícola produzida em todo o mundo. Seu baixo custo, disponibilidade durante todo ano e sabor agradável favorecem seu consumo por todas as classes sociais. Além disso, o tomate é um vegetal muito versátil, podendo ser consumido *in natura*, na forma de saladas, ou processado na forma de molhos, *Ketchup*, extrato, purê e polpa de tomate, entre outros¹. Na América do Sul o Brasil é o maior produtor e consumidor de produtos derivados de tomate².

O consumo regular de tomate e de seus produtos tem sido considerado fator de proteção contra doenças cardiovasculares e câncer. Esse importante papel do tomate é atribuído a presença de substâncias antioxidantes

como compostos fenólicos, α -tocoferol, vitamina C e principalmente o licopeno, que é o pigmento responsável pela cor de tomates vermelhos³⁻⁵. Estes compostos inativam os radicais livres, reduzindo os efeitos do estresse oxidativo que tem sido associado ao aparecimento de doenças crônicas não transmissíveis⁶.

Apesar dos estudos clínicos e epidemiológicos mostrarem que a ingestão de tomate e produtos do tomate pode ter efeito protetor contra vários tipos de câncer, essa associação tem sido mais fortemente estabelecida com o câncer de próstata^{7,8}. Também neste aspecto, vários estudos têm mostrado que a ingestão regular de tomate e produtos do tomate reduz a oxidação da lipoproteína de baixa densidade (LDL-ox) que tem papel fundamental na aterogênese e

doenças cardiovasculares^{9,10}, principal causa de morte nos países desenvolvidos e em desenvolvimento.

O processamento térmico do tomate pode acarretar importantes alterações nas suas características sensoriais e no teor de compostos antioxidantes, alterando o potencial antioxidante deste fruto. As condições de tempo e temperatura são determinantes para o aumento ou diminuição da atividade antioxidante total (AAT) do tomate. Estudos têm mostrado aumento da AAT em tomates processados¹¹⁻¹³. Temperaturas entre 60 e 80 °C favorecem a formação e o acúmulo de isômeros *cis*, enquanto temperaturas maiores (100 e 120 °C) favorecem o rompimento das paredes celulares, aumentando a extração do licopeno em purê de tomate¹⁴. Tomates processados a 88 °C por 15 minutos apresentaram aumento significativo do teor de licopeno e da capacidade antioxidante¹². Em outro estudo, a pasta de tomate submetida ao aquecimento em forno a 177 °C e 218 °C por 45 minutos apresentou retenção de licopeno de apenas 37,3% e 25,1%¹⁵, respectivamente. O aumento do teor de licopeno observado em produtos derivados do tomate, como extratos e molhos, deve-se à ação da temperatura que favorece a ruptura das paredes celulares, aumentando a disponibilidade do licopeno livre. Além disso, durante o processamento do tomate ocorre redução da umidade, o que aumenta a concentração do licopeno¹⁶.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do tempo de cozimento em condições domésticas sobre a AAT e teor de compostos antioxidantes da polpa de tomate.

2 Material e Métodos

2.1 Obtenção e preparação das amostras

Os tomates da cultivar *Débora* foram obtidos em um supermercado da cidade de Lavras - MG. Após serem selecionados, os tomates foram lavados em água corrente para eliminar as sujidades e armazenados em temperatura ambiente até completar o amadurecimento, atingindo coloração vermelho intensa em todo fruto.

Os tomates foram divididos em lotes de 2 kg, cortados em temperatura ambiente, colocados num recipiente de aço inoxidável e submetidos à pré-cozção por 15 minutos em fogão doméstico em fogo médio. Em seguida, os tomates de cada lote foram homogeneizados em liquidificador industrial por 2 minutos e peneirados em peneiras com 0,63 mm de abertura. A polpa resultante foi submetida a cozção por diferentes tempos, variando de zero a 90 minutos com intervalos de 15 minutos. A polpa homogeneizada e peneirada sem pré-cozção (tomate cru) foi utilizada como controle.

2.2 Análises químicas

2.2.1 Atividade antioxidante

A atividade antioxidante total dos tomates secos foi determinada utilizando-se dois métodos distintos: método do sequestro do radical 2,2-difenil,1-picril-hidrazil (DPPH) e método do sistema ácido linoleico/ β -caroteno.

Para a obtenção do extrato, foram pesados 5 gramas das amostras homogeneizadas, às quais foram adicionados 40 mL de álcool metílico 50%. Essa mistura foi homogeneizada e deixada em repouso por 1 hora em temperatura ambiente. Após este período, a mistura foi centrifugada a 23.723 g, por 17 minutos. O sobrenadante foi coletado e reservado. O resíduo foi adicionado de 40 mL de acetona 70%, homogeneizado, deixado em repouso por 1 hora e centrifugado a 23.713 g, por 17 minutos. O sobrenadante foi coletado e adicionado ao sobrenadante da primeira extração. O volume foi completado para 100 mL com água destilada.

A determinação da AAT pelo método do sequestro do radical DPPH foi realizada de acordo com metodologia proposta por Rufino *et al.*¹⁷, com adaptações. Foi adicionado 0,1 mL de cada extrato das amostras ou do antioxidante padrão (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilchroman-2-ácido carboxílico – Trolox) na concentração de 0,2 mg.mL⁻¹ a 3,9 mL de solução de DPPH. As leituras foram realizadas, após 30 minutos, em espectrofotômetro a 515 nm e os resultados expressos em percentual de sequestro de radical livre (%SRL), conforme equação a seguir:

$$\% \text{ SRL} = (\text{Ac} - \text{Am}).100/\text{Ac}$$

onde:

Ac = absorbância do controle

Am = absorbância da amostra

Para determinar a AAT pelo método do sistema β -caroteno/ácido linoleico, adotaram-se os procedimentos propostos por Rufino *et al.*¹⁸. Foram adicionados 0,4 mL de extrato a 5 mL de solução sistema, sendo as leituras realizadas no tempo 2 minutos e 120 minutos em espectrofotômetro a 470 nm. Os resultados foram expressos em percentual de inibição da oxidação do β -caroteno (%I), conforme a equação:

$$\% \text{ I} = (\text{Ac} - \text{Am}).100/\text{Ac}$$

onde:

Ac = absorbância inicial do controle – absorbância final do controle

Am = absorbância inicial da amostra – absorbância final da amostra

O 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilchroman-2-ácido carboxílico (Trolox), que é um composto antioxidante análogo a vitamina E, porém, de natureza hidrofílica, foi utilizado como antioxidante de referência na concentração 0,2 mg/mL, conforme proposto por Rufino *et al.*¹⁸. Todas as análises químicas foram realizadas em triplicata.

2.2.2 Teor de licopeno e β -caroteno

Os teores de licopeno e de β -caroteno foram determinados segundo o método proposto por Nagata e Yamashita¹⁹. Os carotenóides foram extraídos utilizando-se uma mistura de acetona e hexano (4:6). Os extratos foram submetidos à leitura em espectrofotômetro em diferentes comprimentos de onda (453, 505, 645 e 663 nm) e a concentração de licopeno e β -caroteno foi calculada de acordo com as equações:

$$\text{Licopeno (mg/100 mL)} = 0,0458.A_{663} + 0,204.A_{645} + 0,372.A_{505} - 0,0806.A_{453}$$

$$\text{Beta caroteno (mg/100ml)} = 0,216.A_{663} - 1,22.A_{645} - 0,304.A_{505} + 0,452.A_{453}$$

Os resultados foram transformados para serem expressos em $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$.

2.2.3 Vitamina C

O teor de ácido ascórbico foi determinado pelo método colorimétrico com 2,4 dinitrofenilhidrazina, conforme Strohecker e Henning²⁰. A leitura foi realizada em espectrofotômetro Beckman 640 B com sistema computadorizado e os resultados foram expressos em $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ de polpa.

2.2.4 Compostos fenólicos

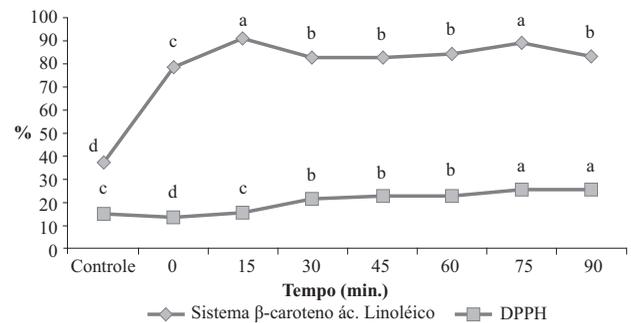
O teor de fenólicos totais foi determinado no extrato hidrofílico utilizando o método proposto por Waterhouse²¹, empregando-se o reagente de Folin-Ciocalteu. Resumidamente, 5 mL de extrato hidrofílico de cada amostra foram adicionados aos tubos contendo 2,5 mL de solução de Folin-Ciocalteu 10% (v/v). Em seguida, foram adicionados 2 mL de solução de carbonato de sódio 4% (v/v). Os tubos foram agitados e deixados em repouso por 120 minutos ao abrigo da luz. A cor azul produzida pela redução do reagente Folin-Ciocalteu pelos compostos fenólicos foi medida em espectrofotômetro na faixa de absorção de 750 nm. O cálculo do teor de fenólicos foi realizado a partir da equação da reta obtida da curva padrão do ácido gálico. Os resultados foram expressos em mg de equivalente de ácido gálico por 100 g da amostra ($\text{mgEAG}\cdot 100\text{g}^{-1}$ polpa).

2.3 Análises estatísticas

O estudo foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com três repetições, totalizando 8 tratamentos e 24 parcelas. Para analisar os dados, foi utilizado o programa SISVAR 5.0. Os dados foram submetidos à análise de variância complementada com o teste de Tukey, a 5% de probabilidade, para comparação de médias.

3 Resultados e Discussão

Os resultados da AAT da polpa de tomate submetida ao tratamento térmico doméstico por diferentes tempos e avaliada pelos métodos do DPPH e sistema β -caroteno ácido linoleico são apresentados na Figura 1.



DPPH: resultados expressos em percentual de sequestro de radicais livres (%SRL). Sistema β -caroteno ácido linoleico: resultados expressos em percentual de inibição da oxidação do β -caroteno (%I). Letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 1: Atividade antioxidante total medida pelos métodos do DPPH e sistema β -caroteno ácido linoleico da polpa de tomate submetida ao tratamento térmico doméstico em tempos diversos.

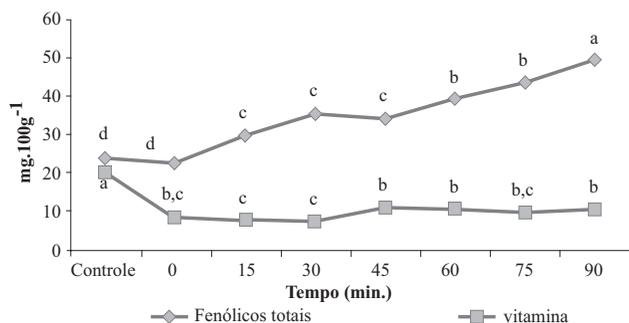
A AAT da polpa de tomate aumentou com o processamento térmico doméstico em ambos os métodos utilizados para determinação da atividade antioxidante, sendo maior no método sistema β -caroteno/ácido linoléico, atingindo valores próximos ao obtido com o antioxidante padrão (Trolox [$0,2\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$]) que atingiu 92,5% de inibição da oxidação do β -caroteno. No método do DPPH, a AAT da polpa de tomate atingiu valor máximo aos 90 minutos e o maior aumento foi observado entre os tempos 15 e 30 minutos. Neste método, os resultados encontrados para todos os tratamentos foram significativamente menores que o resultados obtido com o antioxidante padrão (Trolox [$0,2\text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$]), que atingiu 86,8% de sequestro de radical livre. No método do sistema β -caroteno/ácido linoleico a AAT máxima da polpa de tomate ocorreu aos 30 minutos. A partir deste tempo houve pequenas oscilações, permanecendo a AAT relativamente estável (Figura 1). Pode-se observar que a pré-cozimento do tomate (tempo zero) promoveu significativo aumento da AAT no método do sistema β -caroteno/ácido linoleico.

A presença de compostos fenólicos, ácido ascórbico e, principalmente, licopeno coloca o tomate entre os alimentos com alto potencial antioxidante²². Os componentes antioxidantes e a atividade antioxidante total de tomate e seus produtos têm sido investigados devido a sua relação com a redução do risco de doenças crônicas não transmissíveis²³. O tomate é uma das hortaliças mais consumidas no ambiente doméstico tanto na forma *in natura* como processada. Dessa forma, é importante conhecer os efeitos do processamento térmico doméstico sobre a capacidade antioxidante desde fruto. No presente estudo foi observado aumento da atividade antioxidante do tomate durante o processamento térmico nos dois métodos utilizados para avaliar a AAT. No método do DPPH a AAT está fortemente associada ao teor de licopeno, β -caroteno e principalmente de compostos fenólicos. Dewanto *et al.*¹² observaram aumento da atividade

antioxidante total medida pelo método DPPH de tomates processados termicamente por 2, 15 e 30 minutos a 88 °C. Os autores observaram aumento de 26,5% da AAT após 30 minutos, que foi inferior ao aumento observado no presente estudo que foi igual a 43,7% e 68,4% nos tempos 30 e 75 minutos, respectivamente.

A atividade antioxidante total de um alimento pode ser maior ou menor que a soma da atividade antioxidante de cada composto avaliado separadamente. Além disso, a AAT varia substancialmente com as concentrações dos extratos e solventes utilizados para extração dos compostos antioxidantes, o que dificulta a comparação entre os estudos^{24, 25}. A alta AAT observada no método do sistema β -caroteno/ácido linoleico está associada principalmente a presença do licopeno. O licopeno é o principal composto antioxidante do tomate, sendo altamente eficiente para neutralizar radicais resultantes da peroxidação lipídica, protegendo o β -caroteno da oxidação²⁶. Shen *et al.*²⁷ avaliaram a atividade antioxidante de tomates aquecidos a 100 °C por 30 minutos e encontraram maior percentual de inibição da peroxidação lipídica em extratos com alto teor de licopeno em relação a extratos ricos em compostos fenólicos, ou ácido ascórbico. O aumento do teor de licopeno observado em produtos derivados do tomate, como extratos e molhos, deve-se à ação da temperatura que favorece a ruptura das paredes celulares, aumentando a disponibilidade do licopeno livre. Além disso, durante o processamento do tomate ocorre redução da umidade, aumentando a concentração do licopeno¹⁶.

Os teores de fenólicos totais e vitamina C da polpa de tomate submetida ao tratamento térmico por diferentes tempos são apresentados na Figura 2.



Letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

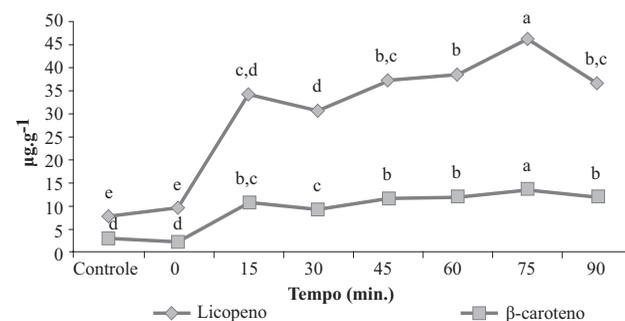
Figura 2: Teor de fenólicos totais e vitamina C da polpa de tomate submetida ao tratamento térmico por diferentes tempos.

O teor de fenólicos totais aumentou significativamente com o tempo de cocção atingindo o valor máximo aos 90 minutos. A partir de 15 minutos de cocção, o teor de fenólicos totais era significativamente maior que o valor observado na amostra controle. O aumento no teor de fenólicos totais em tomates submetidos ao processamento térmico também

foi observado por outros autores^{12,28}. O tratamento térmico favorece a liberação de compostos fenólicos da matriz celular, podendo aumentar seus conteúdos em tomates submetidos ao processamento térmico, melhorando o valor nutricional do tomate.

Ao contrário, o teor de vitamina C na polpa de tomate submetida ao processamento térmico doméstico diminuiu significativamente em relação à amostra controle. Foi observado redução de 62,5% no teor de vitamina C após 15 minutos de cocção, passando de 20,0 para 7,5 mg.100g⁻¹, porém, a partir deste tempo o valor permaneceu relativamente estável ao longo do processo de cocção (Figura 2). Esta redução observada após 15 minutos de cocção pode estar associada à diminuição do teor de água da polpa que concentra a vitamina C e à redução do pH que pode melhorar sua estabilidade. A vitamina C é um composto químico termolábil e vários estudos mostram declínio no teor de vitamina C em tomates processados termicamente^{12,13}. Lavelli *et al.*²⁹, observaram retenção de 12% de ácido ascórbico em tomates desidratados a 80 °C por 7 horas. Cabe ressaltar que a redução da vitamina C e do pH ocorreram de forma semelhante em relação ao tempo de processamento térmico. Gahler *et al.*¹³ não observaram alteração significativa do teor de vitamina C durante 50 minutos de cocção de molho de tomates. Os autores relataram que o aumento da matéria seca mascarou a perda de vitamina C.

Os teores de licopeno e β -caroteno da polpa de tomate submetida ao tratamento térmico por diferentes tempos são apresentados na Figura 3.



Letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Figura 3: Teor de licopeno e β -caroteno da polpa de tomate submetida ao tratamento térmico por diferentes tempos.

Os teores de ambos os carotenóides avaliados apresentaram tendência de aumento até o tempo de 75 minutos, a partir do qual essa tendência começou a se inverter. Nos primeiros 15 minutos de cocção da polpa de tomate, foi observado aumento mais acentuado do teor de licopeno e β -caroteno. O tratamento térmico utilizado promoveu aumento maior do teor de licopeno que é o principal antioxidante do tomate.

O aumento observado no teor de licopeno, β -caroteno

e fenólicos totais pode ser atribuído a relativa estabilidade destes compostos ao aquecimento. No presente estudo, a temperatura máxima de cozimento foi 95 °C. Shi *et al.*¹⁴ observaram significativo aumento no teor de licopeno em purês de tomates submetidos às temperaturas de 80 e 120 °C por 120 minutos. Capanoglu *et al.*³⁰ verificaram aumento no teor de fenólicos totais, licopeno e β -caroteno durante o processamento do tomate para obtenção da pasta de tomate. Toor *et al.*³¹ observaram retenção de fenólicos totais entre 71,5% a 88% em tomates desidratados a 42 °C por 18 horas. Esta alta retenção foi associada à baixa temperatura de secagem utilizada pelos autores.

Em muitas situações, o processamento térmico reduz o valor nutricional e o potencial benéfico dos alimentos. No entanto, em relação ao tomate, foi observado melhora do seu potencial antioxidante com o processamento térmico semelhante ao praticado no ambiente doméstico. Para o consumidor, a cocção do tomate é uma opção interessante de consumo deste fruto, pois além das características sensoriais agradáveis ao paladar, o tomate processado termicamente no ambiente doméstico poderá apresentar maiores benefícios à saúde.

Na Tabela 1 são apresentados os coeficientes de correlação entre os compostos antioxidantes determinados na polpa de tomate e a AAT.

Tabela 1: Coeficiente de Correlação de Pearson entre compostos antioxidantes da polpa de tomate processada termicamente e a atividade antioxidante total

Variáveis	Correlação (r)	
	Sistema β -caroteno/ac. linoleico	DPPH
AAT x Licopeno	0,74	0,84
AAT x β -caroteno	0,69	0,85
AAT x Fenólicos totais	0,50	0,94
AAT x Vitamina C	0,10	-0,24

A AAT avaliada pelos métodos do sistema β -caroteno/ácido linoleico e do radical DPPH apresentaram correlação positiva com o teor de licopeno, β -caroteno e fenólicos totais. No sistema β -caroteno/ácido linoleico, o principal determinante da AAT foi o teor de licopeno, enquanto no método do radical DPPH foi o teor de fenólicos totais. O teor de vitamina C apresentou os menores valores de correlação com a AAT, sendo esta negativa para o método do DPPH (Tabela 1).

Os valores de pH apresentaram redução significativa, reduzindo de 4,25 na amostra controle para 4,04 após 15 minutos de cocção. A partir deste tempo, o pH permaneceu estável, variando entre 4,04 e 4,02. Durante o processamento, a temperatura máxima foi alcançada em média aos 12 minutos de cocção, atingindo 95 °C. O teor de umidade diminuiu significativamente a partir de 30 minutos de cocção, passando de 95,54% para 93,01% aos 90 minutos.

4 Conclusão

O processamento térmico em condições domésticas aumenta a atividade antioxidante total da polpa de tomate e os teores de carotenóides, principalmente o licopeno e compostos fenólicos. O aumento da atividade antioxidante total ocorre principalmente nos primeiros 30 minutos. A polpa de tomate processada termicamente em condições domésticas apresenta maior potencial antioxidante que o tomate cru.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), pelo apoio financeiro.

Referências

- Ilahy R, Hdider C, Lenucci MS, Tilili I, Dalessandro G. Phytochemical composition and antioxidant activity of high-lycopene tomato (*Solanum lycopersicum* L.) cultivars grown in Southern Italy. *Sci Hort* 2015;127:255-61.
- Melo PCT, Vilela NJ. Desafios e perspectivas para a cadeia brasileira do tomate para processamento industrial. *Hort Bras*;2005;23(1):154-7.
- Abushita AA, Daood HG, Biacs PA. Change in carotenoids and antioxidant vitamins in tomato as a function of varietal and technological factors. *J Agric Food Chem* 2008;48(6):2075-81.
- Heredia A, Peinado I, Rosa E, Andrés A. Effect of osmotic pré-treatment and microwave heating on lycopene degradation and isomerization in cherry tomato. *Food Chem* 2012;123:92-8.
- Vallverdú-Queralt A; Medina-Remón A; Andres-lacueva C; Lamueva-Raventos RM. Changes in phenolic profile and antioxidant activity during production of diced tomatoes. *Food Chem*;2011;126:1700-7.
- Silva AGM, Fernandes KF. Composição química e antinutrientes presentes nas amêndoas cruas e torradas de chicha (*Sterculia striata* A. St. Hill & Naudin). *Rev Nutr* 2014;24(2):305-14.
- Giovannucci E, Ascherio A, Rimm EB, Stampfer MJ, Colditz GA, Willett WC. Intake of carotenoids and retinol in relation to risk of prostate cancer. *J Natl Cancer Inst* 1997;87:1767-76.
- Kirsh VA, Mayne ST, Peters U, Chatterjee N, Leitzmann MF, Dixon LB, Urban DA, Crawford ED, Hayes RB. A prospective study of lycopene and tomato product intake and risk of prostate cancer. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2005;15(1):92-8.
- Heber D, Lu Q. Overview of mechanisms of action of lycopene. *Exp Biol Med* 2007;227(10):920-3.
- Riccioni G; Mancini B; Ilio E; Bucciarelli T, D'Orazio N. Protective effect of lycopene in cardiovascular disease. *Eur Rev Med Pharmacol Sci* 2003;12:183-90.
- Takeoka GR, Dao L, Flessa S, Gillespie DM, Jewell WT, Huebner B, et al. Processing effects on lycopene content and antioxidant activity of tomatoes. *J Agric Food Chem* 2003; 49:3713-7.
- Dewanto V, Wu X, Adom KK, Liu RH. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 2000;50:3010-14.
- Gahler S, Otto K, Bohm V. Alterations of vitamin C, total phenolics, and antioxidant capacity as affected by processing tomatoes to different products. *J Agric. Food Chem* 2002;51:7962-8.

14. Shi J; Dai Y; Kakuda, Y; Mittal G; Xue SJ. Effect of heating and exposure to light on the stability of lycopene in tomato purée. *Food Control* 2004;19:514-20.
15. Mayeaux M; Xu Z, King JM, Prinyawiwatkul W. Effects of cooking conditions on the lycopene content in tomatoes. *J Food Sci* 2001;71:461-4.
16. Periago MJ, Rincon F, Jacob BK, Garcia-Alonso J, Ros G. Detection of key factors in the extraction and quantification of lycopene from tomato and tomato products. *J Agric Food Chem* 2005; 55(22):8825-9.
17. Rufino MSM, Alves RE, Brito ES, Morais SM, Sampaio CG, Pérez-Jimenez J, et al. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Brasília: EMBRAPA; 2007.
18. Rufino MSM, Alves RE, Brito ES, Filho JM, Moreira AVB, et al. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas no sistema β -caroteno/Ácido Linoléico. Brasília: EMBRAPA; 2006.
19. Nagata M, Yamashita I. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. *J Japan Soc Food Sci Technol* 1995;39:925-8.
20. Strohecker RL, Henning HM. Análisis de vitaminas: métodos comprobados. Madri: Paz Montalvo; 1967.
21. Waterhouse AL. Polyphenolics: determination of total phenolics. In: Wrolstad RE. *Current protocols in food analytical chemistry*. New York: J. Wiley; 2002.p.11-8.
22. Djuric Z, Powell LC. Antioxidant capacity of lycopene-containing foods. *Int J Food Sci Nutr* 2003;52:143-9.
23. Toor RK, Savage GP, Heeb A. Influence of different types of fertilisers on the major antioxidant components of tomatoes. *J Food Comp Anal* 2000;19:20-7.
24. Kuskosk, .M; Asuer, .G; Troncos, .M; Mancini-Filh, J; Fee, R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidant en pulpa de frutos. *Ciênc Tecnol Aliment* 2006;25:726-32.
25. Sanchez-Moren, C; Plaz, L; Anco, B; Can, .P. Nutritional characterisation of commercial traditional pasteurised tomato juices: carotenoids, vitamin C and radical-scavenging capacity. *Food Chem* 2009;98:749-56.
26. Basuny AM, Gaafar AM, Arafat SM. Tomato lycopene is a natural antioxidant and can alleviate hypercholesterolemia. *Afric J Biotechnol* 2009;8:6627-33.
27. Shen YC, Chen SL, Wang CK. Contribution of tomato phenolics to antioxidation and down-regulation of blood lipids. *J Agric Food Chem* 2007;55:6475-80.
28. Murator, G; Rizz, V; Licciardell, F; Maccaron, E. Partial dehydration of cherry tomato at different temperature and nutritional quality of the products. *Food Chem* 2008;111(4):887-91
29. Lavelli V, Hippeli S, Peri C, Elstner EF. Evaluation of radical scavenging activity of fresh and air-dried tomatoes by three model reactions. *J Agric Food Chem* 1999;47:3826-31.
30. Capanoglu E, Beekwilder J, Boyacioglu D, Hall R, De Vos R. Changes in antioxidant and metabolite profiles during production of tomato paste. *J Agric Food Chem* 2008;56:964-73.
31. Toor RK, Savage GP, Heeb A. Influence of different types of fertilisers on the major antioxidant components of tomatoes. *J Food Comp Anal* 2006;19(1):20-7