

Composição química, cor e qualidade sensorial do tomate seco a diferentes temperaturas

Chemical composition, color and sensory quality of tomato dried at different temperatures

Patrícia Moretti Franco da Cruz¹; Gilberto Costa Braga^{2*};
Adriana Maria de Grandi²

Resumo

Neste trabalho foi avaliado o efeito da temperatura de secagem nos conteúdos de compostos fenólicos totais, licopeno e ácido ascórbico, na cor e na qualidade sensorial do tomate seco. Tomates cultivar Dominador foram secos a 55, 65, 75 e 85 °C. A cor instrumental do tomate seco foi determinada separadamente nos lados da polpa e da casca. Na análise sensorial afetiva, foram analisados os atributos aparência, cor, aroma, sabor e textura. O índice de aceitabilidade e a intenção de compra também foram considerados. De acordo com os resultados, concentrações crescentes de compostos fenólicos totais e licopeno foram verificadas com o aumento da temperatura de secagem do tomate entre 55 e 75 °C. Diminuição significativa no conteúdo de ácido ascórbico foi verificada durante a secagem, cujos valores variaram de $38,82 \pm 2,47$ mg 100 g⁻¹ após secagem a 55 °C, caindo para $21,68 \pm 1,30$ mg 100 g⁻¹ a 85 °C. Decréscimos significativos nos valores de a* e L* foram verificados em ambos os lados da fatia do tomate seco (polpa e da casca), mostrando que o aumento da temperatura causa perda de cor vermelha e escurecimento do tomate seco. De acordo com a análise sensorial, dentre as temperaturas testadas na secagem do tomate a que apresentou melhores resultados foi 75 °C. Este estudo mostrou que a secagem convencional de tomate com ar aquecido a 75 °C é a mais recomendada entre as temperaturas testadas.
Palavras-chave: *Lycopersicon esculentum*, ácido ascórbico, fenólicos totais, licopeno

Abstract

This study evaluated the effect of drying temperature on the total phenolic compounds, lycopene and ascorbic acid contents, color and sensory quality of dried tomato. Tomatoes cv. Dominador were dried at 55, 65, 75 and 85 °C. The instrumental color of dried tomato was determined separately on the sides of pulp and peel. In affective sensory analysis appearance, color, aroma, flavor and texture attributes were considered. Acceptance index and purchase intent were also evaluated. According to the results, increasing concentrations of phenolic compounds and lycopene were observed with increased drying temperature to 75 °C. Significant decrease in ascorbic acid content was observed during drying, which ranged from 38.82 ± 2.47 mg 100 g⁻¹ after drying at 55 °C, dropping to 21.68 ± 1.30 mg 100 g⁻¹ at 85 °C. Significant decrease in values of a* and L* were observed on both sides of the dried tomato slices (pulp and peel), showing that the increase in temperature causes loss of red color and browning of dried tomato. According to sensory analysis, among the temperatures tested in drying tomatoes the one that showed best results was 75 °C. This study showed that drying-conventional tomato with air heated to 75 °C is the most recommended among the temperatures tested.

Key words: *Lycopersicon esculentum*, ascorbic acid, total phenolic compounds, lycopene

¹ Mestranda em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias/CCA, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Campus de Marechal Cândido Rondon, PR. E-mail: moretti_agro@hotmail.com

² Profs. Drs. do CCA/UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon, PR. E-mail: gcb1506@gmail.com; adrianaGrandi@yahoo.com.br

* Autor para correspondência

Introdução

O tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) é um dos produtos vegetais mais versátil e amplamente consumido no Brasil e no mundo. Aproximadamente, 126 milhões de toneladas de tomate são produzidos no mundo anualmente e, deste total, mais de 30 milhões de toneladas são processadas (KARAKAYAA; ÖZILGEN, 2011). O consumo de produtos de tomate fresco ou processado está associado com a diminuição do risco de ocorrência de alguns tipos de câncer e com menor incidência de doenças cardíacas (ELLINGER; ELLINGER; STEHLE, 2006; WILLCOX; CATIGNANI; LAZARUS, 2003). Estes efeitos benéficos foram principalmente atribuídos à atividade antioxidante de produtos à base de tomate, uma vez que o aumento do estresse oxidativo é um fator patogênico comum para muitas doenças (VISCONTI; GRIECO, 2009). Tomates contem grande variedade de compostos antioxidantes, incluindo a vitamina E, ácido ascórbico, carotenóides, flavonóides e fenólicos (BORGUINI; TORRES, 2009). Entre eles, o licopeno (carotenóide responsável pela cor vermelha de tomates maduros) tem atraído considerável atenção nos últimos anos por seu papel na prevenção de doenças (OMONI; ALUKO, 2005).

O tomate é uma hortaliça utilizada como matéria-prima na preparação de diversos produtos, entre eles o tomate seco, resultante da secagem do tomate *in natura*, cujo processo é realizado tanto de forma artesanal como em escala industrial, sendo muito utilizado como um ingrediente para pizzas e pratos diversos (GIOVANELLI et al., 2002). A secagem é uma das operações unitárias mais importantes no processamento de alimentos, que ocorre pela remoção de umidade do produto por meio de diferentes técnicas. Muitos produtos alimentícios são secos para aumentar a sua vida útil, reduzir os custos de embalagem, melhorar a aparência, preservar o sabor original e manter o valor nutricional (HAWLADER; CONRAD; TIAN, 2006). No caso particular do tomate, a secagem promove alterações no sabor e na textura, conferindo-lhe paladar

exótico e muito apreciado pelos consumidores. No entanto, a secagem pode também resultar em algumas qualidades indesejáveis no produto final, tais como encolhimento, escurecimento, perda de voláteis (CAMARGO; HAJ-ISA; QUEIROZ, 2007; AKANBI; ADEYEMI; OJO, 2006) e perda do valor nutricional (DEWANTO et al., 2002; GIOVANELLI et al., 2002), efeitos esses muito influenciados pela temperatura durante o processo. Fatores tais como a luz, oxigênio e temperatura são os principais responsáveis por reações de degradação (isomerização e autoxidação) de licopeno em produtos de tomate (ANGUELOVA; WARTHESEN, 2000). O dano oxidativo é um dos principais causadores da degradação de constituintes químicos em tomates durante a secagem (GIOVANELLI et al., 2002). Perdas consideráveis de ácido ascórbico também foram relatadas durante a produção de tomate seco e polpa de tomate em altas temperaturas (MARFIL; SANTOS; TELIS, 2008; TOOR; SAVAGE, 2006; DEWANTO et al., 2002; GIOVANELLI et al., 2002). O ácido ascórbico pode perder a sua atividade devido a uma série de fatores, incluindo pH, umidade, oxigênio, temperatura e catálise de íons metálicos (UDDIN; HAWLADER; ZHOU, 2001). Compostos fenólicos e carotenóides de tomate são relatados como estáveis durante o processamento em condições de alta temperatura, de modo que para compostos fenólicos mais ligados, pode ocorrer aumento dos níveis devido à quebra de constituintes celulares (DEWANTO et al., 2002). Entretanto, de acordo com Toor e Savage (2006), os níveis de retenção ou degradação de compostos fenólicos durante o processo térmico de secagem podem variar não só com a temperatura, mas também com a cultivar do tomate. Licopeno, ácido ascórbico e teor de compostos fenólicos totais em tomate podem ser considerados como indicadores de qualidade do processo de secagem e as modificações nos níveis desses compostos podem afetar, além das propriedades nutricionais e funcionais, também a cor e a qualidade sensorial do produto final (SANTOS-SÁNCHEZ et al., 2012). Já

foram relatados os efeitos das altas temperaturas de secagem no escurecimento (CERNISEV, 2010) e na perda de cor vermelha (TOOR; SAVAGE, 2006) em tomates secos.

Raupp et al. (2007) citaram que, do ponto de vista dos consumidores, a qualidade dos produtos desidratados, como o tomate seco, são avaliadas levando em conta principalmente os aspectos sensoriais. A satisfação com a aparência e com o sabor e as expectativas do consumidor estão entre os fatores essenciais no processo de desenvolvimento e melhoria da qualidade dos produtos (SOUSA et al., 2008) e, para tanto, a análise sensorial se constitui em importante ferramenta. Entre os aspectos sensoriais, a aparência, a textura e o sabor são importantes numa apreciação global do produto no momento da comercialização e são muito influenciados pela temperatura de secagem, a qual deve ser estudada. Apesar de diversas pesquisas já realizadas sobre a secagem de tomate, ainda são poucos os estudos com secagem convencional a ar forçado, especialmente sobre o efeito da temperatura na qualidade do tomate seco, justificando a necessidade de novas investigações a respeito. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivos avaliar o efeito da temperatura de secagem sobre os compostos fenólicos totais, licopeno, ácido ascórbico, cor e qualidade sensorial do tomate seco.

Material e Métodos

Amostra

Foram utilizados tomates cultivar ‘Dominador’, colhidos no segundo semestre de 2010, no município de Braganey, Oeste do Paraná. Depois de colhidos e selecionados, foram escolhidos os tomates em estágio vermelho-maduros, de tamanhos uniformes e com ausência de danos mecânicos ou doenças. Depois, os tomates foram higienizados por lavagem com água corrente e imersão dos frutos em solução de hipoclorito de sódio 0,1 mL L⁻¹, por três minutos.

Os frutos então foram cortados ao meio no sentido transversal, com o auxílio de uma faca de aço inoxidável e as sementes removidas manualmente. Em seguida, foram submetidos aos processos de secagem.

Secagem do tomate

Foi utilizado o secador experimental de leito fixo (Ltdesco, modelo GCT – 10/12 E). As temperaturas de secagem foram: 55, 65, 75 e 85 °C, com velocidade do ar de 0,5 m s⁻¹. Amostras de 500 g de tomate foram distribuídas uniformemente em cada uma das cinco bandejas do secador com fundo de tela metálica (malha de 1,0 cm²). Durante a secagem, as bandejas foram alternadas de posição a cada duas horas, para garantir a homogeneidade do processo. As fatias de tomate foram retiradas do secador quando atingiram aproximadamente 64% de teor de umidade em base úmida, valor este estimado através da seguinte equação:

$$M_f = M_i - \frac{100 - U_i}{100 - U_f}$$

Sendo M_f a massa final do produto seco (g), M_i a massa inicial úmida (g), U_i o teor de umidade inicial do produto fresco (% base úmida) e U_f o teor de umidade final desejada do produto seco (% base úmida).

Os tempos de secagem foram determinados quando os valores de massa final foram alcançados. Os teores de umidade inicial e final do tomate foram determinados pelo método gravimétrico em estufa com circulação de ar forçado à 105 °C por 24 horas (CARVALHO, 1990). Após atingirem o teor de umidade desejado, as amostras foram embaladas em sacos de polietileno, contendo aproximadamente 200 g de tomate seco cada e depois armazenadas sob refrigeração a 5 °C ± 2 °C, para as análises físico-químicas e sensoriais.

Compostos fenólicos totais

A determinação dos compostos fenólicos totais foi realizada de acordo com Genovese et al. (2003). As amostras foram extraídas na proporção 1:20 (m/v) com metanol, utilizando-se um dispersor Ultra Turrax (IKA, Alemanha). Os extratos obtidos foram filtrados em filtro de papel e o volume completado até 50 mL. Depois, 0,25 mL do extrato foi adicionado a 2,0 mL de água destilada e 0,25 mL do reagente Folin-Ciocalteu. Decorridos três minutos à temperatura ambiente, adicionou-se 0,25 mL de solução saturada de carbonato de sódio (Na_2CO_3) e imediatamente os tubos foram colocados em banho-maria a 37 °C, durante 30 minutos, para o desenvolvimento da cor. Realizou-se a leitura no espectrofotômetro a 750 nm. O ácido gálico foi utilizado como padrão e os resultados expressos em equivalente ácido gálico (mg EAG 100 g⁻¹). Para cada amostra, o procedimento foi realizado em triplicata.

Licopeno

O licopeno foi determinado por espectrofotometria, conforme Nagata e Yamashita (1992). De cada amostra de tomate seco, 5,0 g foi macerada e depois extraída com solvente acetona-hexano (4:6) em tubo de ensaio coberto com papel alumínio. Em seguida, foi homogeneizado com Ultra Turrax e depois deixado em repouso por 5 minutos. A fase superior foi recolhida para a leitura da absorvância em espectrofotômetro (SPECTRUM LAB, 22E) nos comprimentos de onda 453, 505, 645 e 663 nm. Para cada amostra, o procedimento foi realizado em triplicata. O conteúdo de licopeno foi expresso em mg 100 g⁻¹ e estimado conforme a equação:

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

Ácido ascórbico

O ácido ascórbico foi determinado pelo método titulométrico de Tillmans modificado (BENASSI; ANTUNES, 1988), que se baseia na redução do 2,6-diclorofenol-indofenol-sódico pelo ácido ascórbico, com resultados expressos em mg 100 g⁻¹. Para cada amostra, o procedimento foi realizado em triplicata.

Cor

Os parâmetros de cor instrumental medidos nos tomates secos foram determinados por leitura direta com um colorímetro Minolta (CR400, Japão). Os parâmetros de cor do sistema CIELAB, L* (luminosidade) e a* (componente vermelho-verde), foram obtidos de acordo com os dados de reflectância. Foram mensuradas as cores dos dois lados do tomate seco, ou seja, interno (polpa) e externo (casca). Para cada leitura, a amostra foi colocada em uma placa de *petri*, em quantidade suficiente para cobrir todo o fundo da placa. Para cada amostra, as leituras foram feitas em triplicata.

Análise sensorial

Os participantes foram informados dos objetivos dos testes conforme projeto aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da Faculdade Assis Gurgacz/ FAG (CEP-FAG/2010), sediado em Cascavel/PR. Os testes sensoriais foram realizados em cabines individuais, climatizadas a temperatura aproximada de 22 °C. As amostras foram dispostas em pratos brancos, numerados com algarismos de três dígitos aleatórios e sob luz branca fluorescente. A ordem de apresentação das amostras foi aleatorizada, e entre as provas foi oferecido água. Os provadores foram instruídos a abrir apenas a tampa do cada prato da amostra de tomate a degustar e, em seguida, prosseguir com as avaliações sensoriais.

A análise sensorial de aceitação foi realizada com 80 provadores não treinados (32 homens e 48

mulheres, com idade entre 20 e 30 anos). Foram registradas as percepções de cada provador em uma ficha de avaliação quanto aos atributos de aparência, cor, aroma, sabor e textura, empregando escala hedônica de sete pontos, sugerida por Chaves e Sproesser (2005). O limite mínimo da escala foi a descrição “desgostei muitíssimo”, equivalente a pontuação 1 e o limite máximo a descrição “gostei muitíssimo”, equivalente a pontuação 7. Também foi avaliado o índice de aceitabilidade (IA), tendo como base notas médias obtidas no teste de preferência (CHAVES; SPROESSER, 2005). Para o cálculo, foi adotada a seguinte expressão:

$$IA = \frac{A.100}{B}$$

Onde A é a nota média obtida para o produto e B é a nota máxima dada ao produto.

Para avaliação da intenção de compra, utilizou-se a escala estruturada de 5 pontos, na qual 5 representa a nota máxima “certamente compraria”, e 1 representa a nota mínima “certamente não compraria” (SILVA; DAMÁSIO, 1996).

Análise dos resultados

Foi aplicado o delineamento inteiramente ao acaso e a Análise de Variância, considerando-se os processos como causa de variação. Aos parâmetros significativos, as respectivas médias foram comparadas pelo teste de Tukey. O nível de significância a $p < 0,05$ foi aplicado em todas as análises. O pacote estatístico GENES (CRUZ, 2006) foi utilizado nas análises.

Resultados e Discussão

De acordo com os resultados, concentrações crescentes de fenólicos totais e licopeno foram verificadas com o aumento da temperatura de secagem do tomate entre 55 e 75 °C (Tabela 1). Em nível celular, os compostos fenólicos estão contidos nos vacúolos e são separados das enzimas oxidativas quando o fruto está intacto (MACHEIX; FLEURIET; BILLOT, 1990). Durante o processo térmico de desidratação a estrutura do tomate entra em colapso e isto pode resultar no aumento dos níveis de compostos fenólicos e de enzimas oxidativas, liberados de suas matrizes celulares (TOOR; SAVAGE, 2006). No entanto, as temperaturas de secagem de 65 e 75 °C testadas parecem não ter influenciado em reações enzimáticas oxidativas de compostos fenólicos, pois contribuíram em valores crescentes de fenólicos totais nos tomates. A velocidade das reações bioquímicas envolvendo a atividades enzimáticas é influenciada pela temperatura e, em geral, temperaturas acima de 55 °C diminuem a velocidade das reações enzimáticas (CASTRO; KLUGE; PERES, 2005). De acordo com Toor e Savage (2006), com o aumento da temperatura de secagem há um incremento no número de grupos fenólicos livres, como resultado da hidrólise de flavonóides glicosilados e/ou da liberação de matrizes celulares devido a desestabilização de membranas. Gahler, Otto e Bohm (2003) avaliaram diferentes processamentos térmicos de tomate com aplicação de calor em diferentes tempos e também verificaram acréscimos na concentração de fenólicos totais com o aumento no tempo de processamento.

Tabela 1. Tempo de secagem e composição do tomate seco após secagem em diferentes temperaturas.

Temperatura de secagem (°C)	Tempo de secagem (h)	Compostos fenólicos totais (mg 100g ⁻¹)	Licopeno (mg 100 g ⁻¹)	Ácido ascórbico (mg 100g ⁻¹)
55	27,91 ± 2,82 ^a	25,56 ± 1,57 ^c	55,13 ± 1,19 ^c	38,82 ± 2,47 ^a
65	23,35 ± 2,17 ^b	27,30 ± 1,24 ^b	58,76 ± 1,15 ^b	36,06 ± 3,39 ^b
75	20,20 ± 1,75 ^c	31,46 ± 1,55 ^a	70,25 ± 1,12 ^a	32,15 ± 2,25 ^c
85	18,33 ± 1,80 ^d	31,14 ± 0,74 ^a	71,56 ± 2,20 ^a	21,68 ± 1,30 ^d

Média ± desvio padrão, n=5

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente a p<0,05

Fonte: Elaboração dos autores.

Acréscimos de conteúdo de licopeno devido ao processamento térmico também foram constatados por outros autores (DEWANTO et al., 2002; HADLEY et al., 2002). Aumento de licopeno do tomate também ocorre devido à maior liberação da matriz celular quando os frutos são submetidos ao calor (TOOR; SAVAGE, 2006). No entanto, certos limites de temperaturas no processamento devem ser considerados, acima das quais reações de degradação podem ocorrer. Shi et al. (1999) verificaram decréscimo de 3,9 % no conteúdo de licopeno após secagem com ar aquecido a 95 °C por até 10 h e relataram que a retenção de licopeno em tomate pode apresentar ligeira diminuição durante os processos de desidratação convencional a ar, por reações de degradação térmica e oxidação. Demiray, Tulek e Yilmaz (2012) também verificaram decréscimos lineares do conteúdo de licopeno durante a secagem do tomate com temperaturas entre 60 e 100 °C. Lavelli et al. (1999) não observaram diferenças significativas no conteúdo de licopeno de tomates secos com ar a 80 °C por 7 h (83 mg 100 g⁻¹ de matéria seca), quando comparado com os tomates frescos (85 mg 100 g⁻¹ de matéria seca). Com isso, é possível considerar que, dependendo da temperatura, a taxa com que os compostos fenólicos e o licopeno são liberados de suas matrizes celulares pode ser maior do que a taxa de suas degradações.

Não foram verificadas diferenças significativas nos conteúdos de compostos fenólicos totais e licopeno para as temperaturas de secagem entre 75 e 85 °C (Tabela 1), reforçando a tese de que

os acréscimos nos conteúdos de fenólicos totais e licopeno ocorrem até certos limites de temperatura. Durante o processamento térmico de tomate, a concentração de alguns tipos de compostos fenólicos como ácido clorogênico, ácido cafeico e ácido p-cumárico podem aumentar, enquanto outros como ácido ferrulico, rutina e naringenina podem ser perdidos (RE; BRAMLEY; RICE-EVANS, 2002), o que algumas vezes dificulta a análise do efeito do calor no teor de compostos fenólicos totais. Conforme relatado por Raupp et al. (2011), em processos de secagem as reações envolvendo compostos fenólicos nem sempre resultam nos mesmos efeitos. Esses autores citaram também que a secagem a altas temperaturas pode resultar em nova geração de compostos fenólicos bioativos, e que a ruptura de paredes celulares através do aquecimento ou a destruição de compostos fenólicos insolúveis pode levar ao aumento nos níveis destes compostos. Em adição, os acréscimos no conteúdo de fenólicos totais podem ter ocorrido por prevalência de reações com formação de novos compostos fenólicos reativos para o método analítico de quantificação usado, frente a ocorrência de degradações.

Diminuição significativa no conteúdo de ácido ascórbico foi verificada durante a secagem, cujos valores variaram de 38,82 ± 2,47 mg 100 g⁻¹ após secagem a 55 °C, caindo para 21,68 ± 1,30 mg 100 g⁻¹ a 85 °C (Tabela 1). A vitamina C é altamente instável e sensível ao calor (DEMIRAY; TULEK; YILMAZ, 2012; MARFIL; SANTOS; TELIS, 2008; GAHLER; OTTO; BOHM, 2003), logo, o

aumento da temperatura e a pressão do oxigênio durante a secagem levam ao aumento na degradação do ácido ascórbico. Resultados similares foram encontrados por Marfil, Santos e Telis (2008), Romero-Penã e Kieckbusch (2003) e Alves e Silveira (2002). Durante a secagem de alimentos, a degradação de compostos orgânicos pode ocorrer devido a três aspectos: as moléculas componentes do alimento são aproximadas, aumentando assim a probabilidade de interação entre elas; a remoção da água do alimento acarreta na formação de micro capilares no produto, o que facilita o acesso físico do oxigênio atmosférico; e há remoção da água de hidratação protetora dos sítios reativos das moléculas (ARAÚJO, 2001).

A Tabela 2 apresenta os valores para a cor interna da polpa e externa da casca do tomate após a secagem. Devido as características do tomate vermelho-maduro, os parâmetros que melhor definem a cor deste fruto são as variáveis a^* e L^* , servindo também como indicativo da presença de licopeno (ROMERO-PENÃ; KIECKBUSH, 2003). Decréscimos significativos nos valores de a^* foram verificados em ambos os lados da fatia do

tomate seco (polpa e da casca) com o aumento da temperatura de secagem (Tabela 2). Vários autores relataram diminuições nos valores de a^* (redução da cor vermelha) devido ao tratamento térmico de tomates (TOOR; SAVAGE, 2006; SHI et al., 1999), sugerindo que maiores níveis de retenção da cor vermelha e de licopeno podem ser alcançados em processos que utilizam temperaturas baixas. A principal causa de biodegradação de licopeno nos alimentos é a oxidação e nos produtos à base de tomates, a oxidação é um processo complexo e depende de muitos fatores, como condições de processamento, umidade, oxigênio, temperatura, luz, e a presença de pró ou antioxidantes (SHI et al., 1999). Nesse caso, no entanto a perda de cor vermelha verificada nos tomates secos (diminuição nos valores de a^*) não foi diretamente correlacionada com o teor de licopeno, que aumentou com o aumento da temperatura de secagem (Tabela 1). Foi constatado que o lado da casca do tomate seco apresentou cor vermelha mais intensa do que o lado da polpa, pois apresentou valores de a^* significativamente maiores quando o tomate foi seco a 55, 75 e 85 °C.

Tabela 2. Parâmetros de cor a^* e L^* medidos nos lados da casca e da polpa do tomate seco em diferentes temperaturas.

Temperatura de secagem (°C)	a^* (componente vermelho-verde)		L^* (luminosidade)	
	Casca	Polpa	Casca	Polpa
55	41,14 ± 3,20 ^{aA}	39,54 ± 3,42 ^{aB}	8,36 ± 1,14 ^{aB}	9,51 ± 1,34 ^{aA}
65	33,94 ± 2,56 ^{bB}	36,79 ± 2,41 ^{bA}	9,29 ± 1,08 ^{aA}	8,19 ± 0,49 ^{abB}
75	32,62 ± 3,14 ^{bA}	28,50 ± 2,38 ^{cB}	6,94 ± 0,66 ^{bA}	7,46 ± 1,22 ^{bA}
85	26,32 ± 1,70 ^{cA}	24,49 ± 1,30 ^{dB}	5,16 ± 0,45 ^{cA}	5,91 ± 0,89 ^{cA}

Média ± desvio padrão, n=5

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a $p < 0,05$

Fonte: Elaboração dos autores.

Os decréscimos nos valores de L^* indicam que houve escurecimento do tomate seco com o aumento da temperatura de secagem (Tabela 2). Outros autores também relataram o decréscimo no valor de L^* após desidratação de tomates (TOOR; SAVAGE,

2006; SHI et al., 1999; ZANONI et al., 1999). Os valores de L^* verificados na casca e na polpa do tomate seco sugerem que o escurecimento foi maior nos tomates secos a 75 e 85 °C que apresentaram diferenças significativas.

Os parâmetros de cor a^* e L^* obtidos sugerem que, em termos de manutenção de cor do tomate seco, o processo de secagem recomendável deve ser ajustado para o uso de baixas temperaturas, mesmo que isso ocorra em tempos mais longos. Conforme mostrado na Tabela 2, o tempo de secagem tem relação inversa com a perda de cor do tomate seco. Shi et al. (1999) observaram diminuições dos valores L^* e a^* com o aumento da temperatura de processamento de tomates a 55 e a 90 °C e também concluíram que a melhor retenção da cor na secagem de tomate se dá em temperaturas mais baixas.

Os resultados da aceitação sensorial, que foi avaliada por atributos, estão apresentados na Tabela 3, podendo-se observar que a temperatura de secagem teve grande influência sobre a qualidade sensorial do tomate seco. Tomates secos na temperatura de 75 °C apresentaram os melhores

resultados de aceitação em todos os atributos avaliados, e o sabor foi o atributo que recebeu a maior frequência de aceitação (93,8 %), seguido da textura e do aroma (91,3 e 88,8 % respectivamente). Nesta temperatura também foi verificado a menor frequência de indecisos (1,2 % para o atributo sabor). Adicionalmente, a perda de cor vermelha e o escurecimento (diminuição dos parâmetros a^* e L^* , respectivamente) sofrido pelos tomates secos até 75 °C (Tabela 2) podem ser avaliados como resultados favoráveis para a aceitação do tomate seco, com respeito ao atributo de cor. No entanto, a cor vermelha do tomate seco é o atributo comercial mais importante, pois reflete o estágio de maturação do fruto quando maduro. De acordo com Sousa et al. (2008), a cor é um dos mais importantes atributos sensoriais para a aceitação comercial de um produto alimentício.

Tabela 3. Frequência de aceitação e rejeição do tomate após secagem com quatro temperaturas, para os atributos avaliados pelos provadores no teste sensorial afetivo.

Resposta / Temperatura (°C)	Frequência (%) por atributo				
	Aparência	Cor	Aroma	Sabor	Textura
Aceitação*					
55	56,3	65,0	53,8	60,0	61,3
65	71,3	67,5	57,5	56,3	70,0
75	78,8	78,8	88,8	93,8	91,3
85	66,3	67,5	75,0	61,3	61,3
Indiferentes**					
55	16,2	18,7	27,4	20,0	21,2
65	9,9	20,0	21,2	16,2	12,5
75	13,7	16,2	6,2	1,2	6,2
85	17,4	21,2	20,0	12,4	17,4
Rejeição***					
55	27,5	16,3	18,8	20,0	17,5
65	18,8	12,5	21,3	27,5	17,5
75	7,5	5,0	5,0	5,0	2,5
85	16,3	11,3	5,0	26,3	21,3

*Aceitação=soma das frequências das notas 5 a 7, **Indiferentes =frequência da nota 4, ***rejeição=soma das frequências das notas 1 a 3

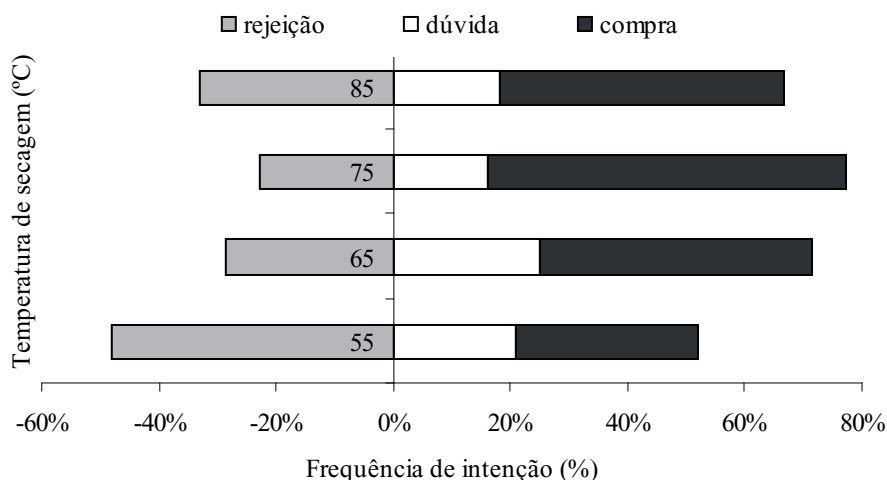
n=80 provadores

Fonte: Elaboração dos autores.

Os tomates secos a 55 °C obtiveram os menores percentuais de frequência de aceitação, comparado às demais temperaturas de secagem, com exceção para a textura que apresentou frequência de aceitação igual para os tomates secos a 85 °C. As maiores frequências de rejeição ocorreram nos tomates secos a 55 °C para os atributos aparência, cor e aroma e a 85 °C para os atributos sabor e textura (Tabela 3). Como já relatado por Raupp et al. (2007), tomates secos a temperaturas muito elevadas levam a textura mais dura e sabor desagradável. As amostras de tomate seco a 85 °C apresentaram o menor tempo de secagem (Tabela 1), e tiveram rejeição para os atributos aparência, cor e aroma comparável ou inferior a dos tomates secos a 55 e 65 °C (Figura 1). Em contraste, Cernisev (2010) conduziu experimento similar e constatou que a secagem

de tomates a 60 °C apresentou notas superiores, comparado a secagem a 70 e 80 °C, para os atributos aparência e cor, sobretudo, relatando que a maior rejeição por parte dos provadores foi devido ao escurecimento do tomate nas temperaturas mais elevadas, ao contrário da menor temperatura que causou maior retenção de cor vermelha no tomate seco e maior aceitação. Na avaliação da intenção de compra (Figura 1), a maior porcentagem de provadores que certamente ou provavelmente comprariam o produto foi para o tomate seco a 75 °C. Quanto à avaliação de provavelmente e certamente não compraria, as maiores porcentagens dos provadores responderam que seria o tomate seco a 55 °C. Já o tomate seco a 65 °C foi o que mais apresentou dúvidas em relação à compra, com 25% dos provadores.

Figura 1. Frequência de notas de intenção de compra do tomate após secagem em quatro temperaturas., Rejeição=soma das notas 1 e 2, dúvida=nota 3 e aceitação=notas 4 e 5.

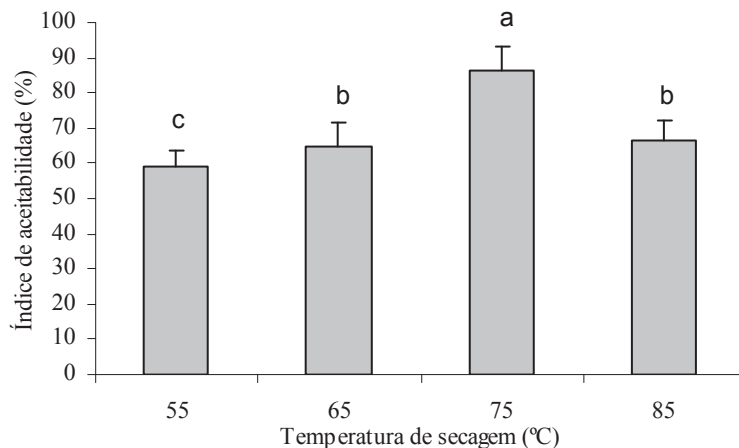


Fonte: Elaboração dos autores.

Na Figura 2 são apresentados os resultados dos índices de aceitabilidade das amostras de tomate seco avaliadas sensorialmente. O tomate seco a 75 °C obteve o maior índice de aceitabilidade entre os provadores (86,25 %), seguido das secagens a 85 e 65 °C (66,25 e 64,5 % respectivamente).

Conforme Chaves e Sproesser (2005), a frequência de aceitabilidade deve ser maior do que 70 % para o produto ser considerado aceito para o comércio. Neste caso, apenas os tomates secos a 75 °C atingiram este índice.

Figura 2. Índice de aceitabilidade do tomate após secagem com quatro temperaturas. Barras seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente a $p < 0,05$.



Fonte: Elaboração dos autores.

Conclusões

Foi mostrado que a temperatura de secagem tem efeitos diretos na composição química e na qualidade sensorial do tomate seco. O aumento da temperatura de secagem influenciou em acréscimos nos conteúdos de fenólicos totais e licopeno e decréscimos nos teores de ácido ascórbico. Os níveis dos compostos antioxidantes fenólicos totais e licopeno do tomate seco estão relacionados com a temperatura de secagem, mas precisa de mais investigações para esclarecer os mecanismos envolvidos. Decréscimos na cor vermelha e aumentos no escurecimento foram verificados com o aumento da temperatura de processamento do tomate seco. Na análise sensorial, tomates secos a 75 °C apresentaram os melhores índices de aceitação e maior intenção de compra. Este estudo mostrou que a secagem convencional de tomate com ar aquecido a 75 °C é a mais recomendada entre as temperaturas testadas. A otimização da secagem do tomate através do controle da temperatura, com base em indicadores químicos e sensoriais, se mostra como uma perspectiva viável para o desenvolvimento de produtos como o tomate seco, uma vez que o fruto se mostrou sensível ao calor.

Referências

- AKANBI, C. T. R.; ADEYEMI, S.; OJO, A. Drying characteristics and sorption isotherm of tomato slices. *Journal of Food Engineering*, Amsterdam, v. 73, n. 2, p. 157-163, 2006.
- ALVES, S. M.; SILVEIRA, A. M. Estudos da secagem de tomates desidratados e não desidratados osmoticamente. *Revista Universidade Rural*, Seropédica, v. 21, n. 1, p. 21-30, 2002.
- ANGUELOVA, T.; WARTHESEN, J. Lycopene stability in tomato powders. *Journal of Food Science*, Hoboken, v. 65, n. 1, p. 67-70, 2000.
- ARAÚJO, J. M. A. *Química dos alimentos: teoria e prática*. Viçosa: UFV, 2001. 335 p.
- BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A Comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, Curitiba, v. 31, n. 4, p. 507-513, 1988.
- BORGUINI, R. G.; TORRES, E. A. F. D. Tomatoes and tomato products as dietary sources of antioxidants. *Food Research International*, Amsterdam, v. 25, n. 4, p. 313-325, 2009.
- CAMARGO, G. A.; HAJ-ISA, N.; QUEIROZ, M. R. Avaliação da qualidade de tomate seco em conserva. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 11, n. 5, p. 521-526, 2007.

- CARVALHO, C. R. L. *Análises químicas de alimentos*. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1990. 121 p. (Manual técnico).
- CASTRO, P. R. C.; KUGE, R. A.; PERES, L. E. P. *Manual de fisiologia vegetal: teoria e prática*. Piracicaba: Ceres, 2005. 650 p.
- CERNISEV, S. Effects of conventional and multistage drying processing on non-enzymatic browning in tomato. *Journal of Food Engineering*, Amsterdam, v. 96, n. 1, p. 114-118, 2010.
- CHAVES, J. B. P.; SPROESSER, R. L. *Práticas de laboratório de análise sensorial de alimentos e bebidas*. Viçosa: UFV, 2005.
- CRUZ, C. D. *Programa genes: estatística experimental e matrizes*. Viçosa: UFV, 2006. 285 p.
- DEMIRAY, E.; TULEK, Y.; YILMAZ, Y. Degradation kinetics of lycopene, β -carotene and ascorbic acid in tomatoes during hot air Drying. *LWT-Food Science and Technology*, 2012, in press.
- DEWANTO, V.; WU, X. Z.; ADOM, K. K.; LIU, R. H. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v. 50, n. 10, p. 3010-3014, 2002.
- ELLINGER, S.; ELLINGER, J.; STEHLE, P. Tomatoes, tomato products and lycopene in the prevention and treatment of prostate cancer: do we have the evidence from intervention studies? *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, London, v. 9, n. 6, p. 722-727, 2006.
- GAHLER, S.; OTTO, K.; BOHM, V. Alterations of vitamin C, total phenolics, and antioxidant capacity as affected by processing tomatoes to different products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v. 51, n. 27, p. 7962-7968, 2003.
- GENOVESE, M. I.; SANTOS, R. J.; HASSIMOTTO, N. M. A.; LAJOLO, F. M. Determinação do conteúdo de fenólicos totais em frutas. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, São Paulo, v. 39, n. 3, p. 167-169, 2003.
- GIOVANELLI, G.; ZANONI, B.; LAVELLI, V.; NANI, R. Water sorption, drying and antioxidant properties of dried tomato products. *Journal of Food Engineering*, Amsterdam, v. 52, n. 2, p. 135-141, 2002.
- HADLEY, C. W.; MILLER, E. C.; SCHWARTZ, S. J.; CLINTON, S. K. Tomatoes, lycopene, and prostate cancer: progress and promise. *Experimental Biology and Medicine*, London, v. 227, n. 10, p. 869-880, 2002.
- HAWLADER, M. N. A.; CONRAD, O. P.; TIAN, Y. K. L. Drying of guava and papaya: impact of different drying methods. *Drying Technology*, London, v. 24, n. 1, p. 77-87, 2006.
- KARAKAYAA, A.; ÖZILGEN, M. Energy utilization and carbon dioxide emission in the fresh, paste, whole-peeled, diced, and juiced tomato production processes. *Energy*, Amsterdam, v. 36, n. 8, p. 5101-5110, 2011.
- LAVELLI, V.; HIPPELI, S.; PERI, C.; ELSTNER, E. F. Evaluation of radical scavenging activity of fresh and air-dried tomatoes by three model reactions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v. 47, n. 9, p. 3826-3831, 1999.
- MACHEIX, J.-J.; FLEURIET, A.; BILLOT, J. *Fruit phenolics*. Boca Raton: CRC Press, 1990. 378 p.
- MARFIL, P. H. M.; SANTOS, E. M.; TELIS, V. R. N. Ascorbic acid degradation kinetics in tomatoes at different drying conditions. *LWT – Food Science and Technology*, Amsterdam, v. 41, n. 9, p. 1642-1647, 2008.
- NAGATA, M.; YAMASHITA, I. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. *Japanese Society for Food Science and Technology*, Tokyo, v. 39, n. 10, p. 925-928, 1992.
- OMONI, A. O.; ALUKO, R. E. The anti-carcinogenic and anti-atherogenic effects of lycopene: a review. *Trends in Food Science and Technology*, Amsterdam, v. 16, n. 8, p. 344-350, 2005.
- RAUPP, D. S.; GABRIEL, L. S.; VEZZARO, A. F.; DAROS, P. A.; CHRESTANI, F.; GARDINGO, J. R.; BORSATO, A. V. Tomate longa vida desidratado em diferentes temperaturas de secagem. *Acta Scientiarum. Agronomy*, Maringá, v. 29, n. 1, p. 33-39, 2007.
- RAUPP, D. S.; RODRIGUES, E.; ROCKENBACH, I. I.; CARBONAR, A.; CAMPOS, P. F.; BORSATO, A. V.; FETT, R. Effect of processing on antioxidant potential and total phenolics content in beet (*Beta vulgaris* L.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 31, n. 3, p. 688-693, 2011.
- RE, R.; BRAMLEY, P. M.; RICE-EVANS, C. Effects of food processing on flavonoids and lycopene status in a Mediterranean tomato variety. *Free Radical Research*, London, v. 36, n. 7, p. 803-810, 2002.
- ROMERO-PEÑA, L. M.; KIECKBUSH, T. G. Influência de condições de secagem na qualidade de fatias de tomate. *Brazilian Journal of Food Technology*, Campinas, v. 6, n. 1, p. 69-76, 2003.

- SANTOS-SÁNCHEZ, N. F.; VALADEZ-BLANCO, R.; GÓMEZ-GÓMEZ, M. S.; PÉREZ-HERRERA, A.; SALAS-CORONADO, R. Effect of rotating tray drying on antioxidant components, color and rehydration ratio of tomato saladette slices. *LWT – Food Science and Technology*, Amsterdam, v. 46, n. 1, p. 298-304, 2012.
- SHI, J.; LE, M.; KAKUDA, Y.; LIPTAY, A.; NIEKAMP, F. Lycopene degradation and isomerization in tomato dehydration. *Food Research International*, Amsterdam, v. 32, n. 1, p. 15-21, 1999.
- SILVA, M. A. A.; DAMÁSIO, M. H. *Análise sensorial descritiva*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1996. 60 p.
- SOUSA, A. S. D.; BORGES, S. V.; MAGALHÃES, N. F.; RICARDO, H. V.; AZEVEDO, A. D. Spray-dried tomato powder: reconstitution properties and colour. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, Curitiba, v. 51, n. 4, p. 807-817, 2008.
- TOOR, R. K.; SAVAGE, G. P. Effect of semi-drying on the antioxidant components of tomatoes. *Food Chemistry*, Amsterdam, v. 94, n. 1, p. 90-97, 2006.
- UDDIN, M. S.; HAWLADER, M. N. A.; ZHOU, L. Kinetics of ascorbic acid degradation in dried kiwifruits during storage. *Drying Technology*, London, v. 19, n. 2, p. 437-446, 2001.
- VISCONTI, R.; GRIECO, D. New insights on oxidative stress in cancer. *Current opinion in drug discovery and development*, London, v. 12, n. 2, p. 240-245, 2009.
- WILLCOX, J. K.; CATIGNANI, G. L.; LAZARUS, S. Tomatoes and cardiovascular health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, London, v. 43, n. 1, p. 1-18, 2003.
- ZANONI, B.; PERI, C.; NANI, R.; LAVELLI, V. Oxidative heat damage of tomato halves as affected by drying. *Food Research International*, Amsterdam, v. 31, n. 5, p. 395-401, 1999.