



**WILSON CÉSAR DE ABREU**

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E  
ATIVIDADE ANTIOXIDANTE “IN VITRO” DE  
TOMATE SUBMETIDO À DESIDRATAÇÃO**

**LAVRAS – MG  
2010**

**WILSON CÉSAR DE ABREU**

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E ATIVIDADE  
ANTIOXIDANTE “IN VITRO” DE TOMATE SUBMETIDO À  
DESIDRATAÇÃO**

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

Orientadora  
Dra. Maria de Fátima Piccolo Barcelos

**LAVRAS – MG  
2010**

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

Abreu, Wilson César de.

Características físicas, químicas e atividade antioxidante “in vitro” de tomate submetido à desidratação / Wilson César de Abreu.  
– Lavras: UFLA, 2010.

156 p.: il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2010.

Orientador: Maria de Fátima Piccolo Barcelos.

Bibliografia.

1. Tomate seco. 2. Desidratação osmótica. 3. Composição química. 4. Atividade antioxidante. 5. Licopeno. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 664.805642

**WILSON CÉSAR DE ABREU**

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E ATIVIDADE  
ANTIOXIDANTE “IN VITRO” DE TOMATE SUBMETIDO À  
DESIDRATAÇÃO**

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

APROVADA em 24 de setembro de 2010.

Dr. Adauto Ferreira Barcelos	EPAMIG
Dr. Adelson Francisco de Oliveira	EPAMIG
Dr. Eduardo Valério de Barros Vilas Boas	UFLA
Dr. Michel Cardoso de Angelis Pereira	UFLA

Dra. Maria de Fátima Pícolo Barcelos  
Orientadora

**LAVRAS – MG**

**2010**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, companheiro de todos os dias e eterna fonte de inspiração, força e alegria.

A minha querida esposa, pelo amor, acolhimento e dedicação concedida a mim.

A minha Família, mãe, pai, irmãos, sogro, sogra, sobrinhos, cunhados e demais parentes, pelo apoio e carinho de sempre.

A Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Ciência dos Alimentos, pela oportunidade de crescimento profissional e pessoal.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela concessão de bolsa de Estudos.

À professora Maria de Fátima Pícolo Barcelos, pela dedicação, ensinamentos e amizade de sempre.

Aos pesquisadores da Epamig, Aduino Ferreira Barcelos e Adelson Francisco de Oliveira e ao Professor Eduardo Valério de Barros Vilas Boas pelos ensinamentos e valiosas contribuições a este trabalho.

Ao Prof. Michel Cardoso de Angelis Pereira pelos ensinamentos, valiosas contribuições e amizade.

Aos amigos Cristiane, Edson, Gustavo, Sandra, Carolina, Tina, Heloisa e aos demais colegas e professores do Departamento de Ciência dos Alimentos, pela ajuda de sempre.

“Tens o dom de ver estradas  
Onde eu vejo o fim  
Me convences quando falas:  
Não é bem assim!  
Se me esqueço, me recordas  
Se não sei, me ensinas.  
E se perco a direção  
Vens me encontrar”

Pe. Fábio de Melo

## RESUMO

A produção e o consumo de tomate seco vêm crescendo no Brasil nos últimos anos, sendo considerada uma alternativa importante para reduzir as perdas pós-colheita e agregar valor ao tomate. Porém, não há padronização das técnicas de obtenção do tomate seco, o que pode gerar produtos com características químicas e físicas distintas. Este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar os efeitos da secagem osmo-convectiva e convectiva sobre as características físicas, químicas e atividade antioxidante de tomates, bem como caracterizar física e quimicamente tomates secos adquiridos no comércio varejista. Foram utilizadas seis soluções osmóticas com as seguintes concentrações: NaCl 5%, NaCl 10%, NaCl 5% + sacarose 10%, NaCl 10% + sacarose 5%, sacarose 5%, sacarose 10% (p/v), e foi também realizada desidratação osmótica com aplicação direta dos solutos (NaCl ou mistura NaCl + sacarose). A secagem foi realizada em estufa com circulação de ar a 65°C. Foram determinados pH, acidez titulável (AT), teor de sólidos solúveis (SS), relação SS/AT, licopeno,  $\beta$ -caroteno, compostos fenólicos, vitamina C e atividade antioxidante pelos métodos do DPPH e sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico. Para caracterizar os tomates secos (oito produtos) adquiridos no comércio varejista foi incluída a determinação da composição centesimal e de minerais. A desidratação osmótica seguida de secagem promoveu aumento do teor de sólidos solúveis, acidez titulável e redução do pH, exceto para soluções de sacarose, que não alteraram o pH dos tomates. A solução com NaCl 5% determinou os melhores resultados para o produto final. O processo de secagem dos tomates acarretou significativas perdas de compostos fenólicos, vitamina C e  $\beta$ -caroteno. O licopeno foi o composto antioxidante mais estável durante a secagem. A secagem osmoconvectiva foi efetiva na preservação dos compostos antioxidantes durante a secagem. Apesar da degradação de compostos antioxidantes durante a secagem, a atividade antioxidante do tomate no produto final (tomate seco) foi igual ou maior que o tomate *in natura*, mostrando que as concentrações dos compostos antioxidantes devido à remoção de água durante a secagem se sobrepõem às perdas. Os tomates secos adquiridos no comércio varejista apresentaram características físicas e químicas distintas. A umidade dos produtos variou de 39,2% a 66,6%. Os tomates secos apresentaram alto teor de energia, carboidratos, lipídios e fibras, magnésio, cobre, ferro e potássio. Com exceção do produto A, todos os tomates secos apresentaram excessivo teor de sódio, variando de 620,1 a 1.956,8 mg.100g<sup>-1</sup>. A atividade antioxidante foi maior para o extrato hidrofóbico avaliado pelo sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico, sendo semelhante à atividade antioxidante de referência Trolox. De modo geral, os tomates secos são produtos com alto teor de alguns nutrientes como lipídios, carboidratos, potássio e ferro e alto potencial antioxidante e a secagem



osmoconvectiva pode contribuir para acelerar o processo de secagem e aumentar a retenção de compostos antioxidantes do tomate.

Palavras-chave: Tomate seco. Desidratação osmótica. Licopeno. Atividade antioxidante.

## ABSTRACT

The production and consumption of dried tomatoes has been growing in Brazil in recent years, and they are considered an important alternative to reduce postharvest losses and to aggregate value to the tomato. However, there is no standardization of the techniques used to obtain the dried tomato, which can generate products with different chemical and physical characteristics. The objective of this study was to evaluate the effects of the osmo-convective and convective drying on the physiochemical characteristics and antioxidant activity of tomatoes, as well as to physically and chemically characterize dried tomatoes acquired in the retail sector. Six osmotic solutions were used with the following concentrations: NaCl 5%, NaCl 10%, NaCl 5% + sucrose 10%, NaCl 10% + sucrose 5%, sucrose 5%, sucrose 10% (w/v), and the osmotic dehydration was conducted with direct application of the solutes (NaCl or mixture of NaCl + sucrose). The drying was carried out in an oven with air circulation at 65 °C. The following were determined: pH, titratable acidity (TTA), soluble solid levels (SS), SS/AT ratio, lycopene,  $\beta$ -carotene, phenolic compounds, vitamin C and antioxidant activity by the DPPH and  $\beta$ -carotene/linoleic acid system methods. To characterize the dried tomatoes (eight products), acquired from the retail commerce, were included in the determination of the centesimal and mineral composition. The osmotic dehydration followed by drying promoted an increase of the total soluble solids level, titratable acidity and reduction of the pH, except for the sucrose solutions, that did not alter the pH of the tomatoes. The solution with NaCl 5% presented the best results for the final product. The tomato drying process led to significant losses of phenolic compounds, vitamin C and  $\beta$ -carotene. The lycopene was the most stable antioxidant compound during the drying. The osmo-convective drying preserved the antioxidant compounds better during the drying. In spite of the degradation of antioxidant compounds during drying, the antioxidant activity of the tomato in the final product (dried tomato) was equal to or higher than the tomato *in natura*, showing that the concentrations of the antioxidant compounds, due to removal of water during the drying, outweigh the losses. The retail dried tomatoes presented different physical characteristics and chemistries. The moisture of the products varied from 39.2 to 66.6%. The dried tomatoes presented high caloric levels and those of carbohydrates, lipids and fiber, magnesium, copper, iron and potassium. Except for the product A, all the dried tomatoes presented an excessive level of sodium varying from 620.1 to 1956.8 mg.100g<sup>-1</sup>. The antioxidant activity was higher for the hydrophobic extract appraised by the  $\beta$ -carotene / linoleic acid system, being similar to the antioxidant activity of the reference Trolox. In general, the dried tomatoes are products with high nutritional value and high antioxidant potential and the osmo-convective drying can contribute to

accelerate the drying process and to preserve the antioxidant compounds of the tomato.

Keywords: Dried tomatoes. Osmotic dehydration. Lycopene. Antioxidant activity.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### CAPITULO 1

- Figura 1 Estruturas dos isômeros *trans* e *cis* do licopeno (AGARWAL; RAO, 2000) ..... 26

### CAPÍTULO 4

- Figura 1 Fotos dos tomates secos em conserva adquiridos no comércio varejista ..... 129
- Gráfico 1 Atividade antioxidante total (AAT) dos extratos hidrofílico e hidrofóbico dos tomates secos em conserva pelo método do sequestro do radical DPPH. Concentração dos extratos [1,25 mg.mL<sup>-1</sup>]. Colunas com mesma cor e com letras iguais não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade ..... 143
- Gráfico 2 Atividade antioxidante total (AAT) dos extratos hidrofílico e hidrofóbico dos tomates secos em conserva, pelo método do  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico. Concentração dos extratos [1,25 mg.mL<sup>-1</sup>]. Colunas com mesma cor e com letras iguais não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Foram utilizadas letras minúsculas para comparar a AAT do extrato hidrofílico e letras maiúsculas para comparar a AAT do extrato hidrofóbico..... 146

## LISTA DE TABELAS

### CAPITULO 1

Tabela 1 Composição química e energia em 100g de tomate cru, com sementes .....	24
Tabela 2 Teor de licopeno em frutas e produtos do tomate .....	29

### CAPÍTULO 2

Tabela 1 Valores médios de umidade de tomates submetidos à secagem osmoconvectiva e convectiva e do tomate <i>in natura</i> .....	73
Tabela 2 Valores médios das características físicas e químicas de tomates submetidos à secagem osmoconvectiva e convectiva e do tomate <i>in natura</i> .....	75
Tabela 3 Valores médios do teor e retenção percentual de licopeno de tomates submetidos à secagem osmoconvectiva e convectiva e do tomate <i>in natura</i> .....	77
Tabela 4 Valores médios e respectivos desvios padrões dos parâmetros de cor L*, a* e b*, em tomates submetidos à secagem osmoconvectiva e convectiva e do tomate <i>in natura</i> .....	79

### CAPÍTULO 3

Tabela 1 Valores médios de umidade, pH, acidez, sólidos solúveis e razão sólidos solúveis/acidez de tomates secos em conserva e <i>in natura</i> cultivados em sistema orgânico e convencional.....	98
Tabela 2 Teor médio de compostos antioxidantes na matéria seca de tomates secos em conserva e <i>in natura</i> cultivados em sistema orgânico e convencional.....	101
Tabela 3 Teor médio de compostos antioxidantes na matéria integral de tomates secos em conserva e <i>in natura</i> cultivados em sistema orgânico e convencional.....	104
Tabela 4 Atividade antioxidante total nas matérias integral e seca de tomates secos em conserva e <i>in natura</i> cultivados em sistema orgânico e convencional, medida pelo método do DPPH.....	105
Tabela 5 Atividade antioxidante total na matéria integral de tomates secos em conserva e <i>in natura</i> cultivados em sistema orgânico e convencional, medida pelo método do sistema $\beta$ -caroteno/ácido linoleico.....	107

## **CAPÍTULO 4**

Tabela 1 Informações sobre os tomates secos em conserva selecionados para o estudo.....	121
Tabela 2 Massa média das fatias de tomates secos em conserva adquiridos no comércio varejista.....	130
Tabela 3 Valores médios de pH, acidez, sólidos solúveis e razão sólidos solúveis/acidez de tomates secos em conserva adquiridos no comércio varejista .....	131
Tabela 4 Composição centesimal e valor energético de tomates secos em conserva adquiridos no comércio varejista.....	133
Tabela 5 Teor médio de minerais na matéria integral de tomates secos em conserva adquiridos no comércio varejista.....	137
Tabela 6 Média geral do teor de minerais em tomates secos em conserva e percentual de valores diários de referência .....	140
Tabela 7 Teor médio de compostos antioxidantes de tomates secos em conserva adquiridos no comércio varejista.....	141

## SUMÁRIO

	<b>CAPÍTULO 1 Considerações gerais sobre tomate: desidratação osmótica, características físicas, químicas e atividade antioxidante</b> .....	16
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	16
<b>1.1</b>	<b>Objetivo geral</b> .....	18
<b>1.2</b>	<b>Objetivos específicos</b> .....	18
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	20
<b>2.1</b>	<b>Considerações gerais sobre o tomate e suas propriedades físicas e químicas</b> .....	20
<b>2.2</b>	<b>Compostos antioxidantes do tomate</b> .....	24
<b>2.2.1</b>	<b>Licopeno</b> .....	25
<b>2.2.1.1</b>	<b>Caracterização química do licopeno</b> .....	25
<b>2.2.1.2</b>	<b>Importância do licopeno para a saúde humana</b> .....	26
<b>2.2.1.3</b>	<b>Fontes alimentares e recomendações de licopeno</b> .....	29
<b>2.2.1.4</b>	<b>Metabolismo e biodisponibilidade do licopeno</b> .....	31
<b>2.2.1.5</b>	<b>Determinação do teor de licopeno em alimentos</b> .....	33
<b>2.2.2</b>	<b><math>\beta</math>-caroteno</b> .....	35
<b>2.2.2</b>	<b>Compostos fenólicos</b> .....	36
<b>2.2.3</b>	<b>Vitamina C no tomate e derivados</b> .....	38
<b>2.3</b>	<b>Determinação da atividade antioxidante total em alimentos</b> .....	41
<b>2.4</b>	<b>Desidratação de tomates</b> .....	45
<b>2.5</b>	<b>Alimentos orgânicos</b> .....	48
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	51
	<b>CAPÍTULO 2 Características físicas e químicas e retenção de licopeno em tomates desidratados submetidos a diferentes pré-tratamentos</b> .....	64
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	66
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	68
<b>2.1</b>	<b>Obtenção e preparação das amostras</b> .....	68
<b>2.2</b>	<b>Desidratação osmótica e secagem do tomate</b> .....	68
<b>2.3</b>	<b>Análises físicas e químicas</b> .....	69
<b>2.3.1</b>	<b>Coloração</b> .....	70
<b>2.3.2</b>	<b>Umidade</b> .....	70
<b>2.3.3</b>	<b>Sólidos Solúveis</b> .....	70
<b>2.3.4</b>	<b>pH e acidez titulável</b> .....	71
<b>2.3.5</b>	<b>Teor e retenção do licopeno</b> .....	71
<b>2.4</b>	<b>Análises estatísticas</b> .....	71
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	73
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	81
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	82

	<b>CAPÍTULO 3 Avaliação do potencial antioxidante e características físicas e químicas de tomates cultivados em sistema orgânico e convencional submetidos a diferentes técnicas de secagem</b> .....	86
1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	88
2	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	90
2.1	<b>Obtenção e preparação das amostras</b> .....	90
2.2	<b>Desidratação osmótica do tomate</b> .....	90
2.3	<b>Secagem do tomate</b> .....	91
2.4	<b>Análises físicas e químicas</b> .....	91
2.4.1	<b>Umidade</b> .....	92
2.4.2	<b>Sólidos solúveis</b> .....	92
2.4.3	<b>pH e acidez titulável</b> .....	93
2.4.4	<b>Teor de licopeno e beta caroteno</b> .....	93
2.4.5	<b>Vitamina C</b> .....	93
2.4.6	<b>Compostos fenólicos</b> .....	94
2.4.7	<b>Retenção de compostos antioxidantes</b> .....	95
2.4.8	<b>Atividade antioxidante <i>in vitro</i></b> .....	95
2.5	<b>Análises estatísticas</b> .....	96
3	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	98
4	<b>CONCLUSÕES</b> .....	110
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	111
	<b>CAPÍTULO 4 Características físicas, químicas e atividade antioxidante <i>in vitro</i> de tomates secos em conservas provenientes do comércio varejista</b> .....	116
1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	118
2	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	120
2.1	<b>Obtenção e preparação das amostras</b> .....	120
2.2	<b>Análises físicas e químicas</b> .....	122
2.2.1	<b>Determinação da massa das fatias dos tomates secos</b> .....	122
2.2.2	<b>Composição centesimal e energia</b> .....	122
2.2.3	<b>Sólidos solúveis</b> .....	123
2.2.4	<b>pH e acidez titulável</b> .....	124
2.2.5	<b>Minerais</b> .....	124
2.2.6	<b>Teor de licopeno e <math>\beta</math>-caroteno</b> .....	124
2.2.7	<b>Vitamina C</b> .....	125
2.2.8	<b>Compostos fenólicos</b> .....	125
2.2.9	<b>Atividade antioxidante</b> .....	126
2.3	<b>Análises estatísticas</b> .....	128
3	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	129
4	<b>CONCLUSÕES</b> .....	149
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	151



## CAPITULO 1

### **Considerações gerais sobre tomate: desidratação osmótica, características físicas, químicas e atividade antioxidante**

#### **1 INTRODUÇÃO GERAL**

O tomate é uma das hortaliças mais produzidas e consumidas no Brasil e no mundo. Nas últimas décadas, o tomate e seus derivados têm recebido maior atenção devido à sua ação benéfica à saúde do homem. Diversos estudos têm mostrado associação inversa entre o consumo de tomates e seus derivados e o risco de desenvolver doenças crônicas não transmissíveis, como alguns tipos de câncer e doenças cardiovasculares (GIONVANNUCCI et al., 1995; ODRIOZOLA-SERRANO et al., 2009).

A ação benéfica do tomate e de seus derivados é atribuída ao alto potencial antioxidante desse fruto, que é resultado da presença de compostos fenólicos, vitamina C e carotenoides, sendo o tomate considerado alimento funcional, por muitos autores, devido ao seu alto teor de licopeno (ABUSHITA et al., 1997; SAHLIN; SAVAGE; LISTER, 2004). No Brasil, conforme a Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA (2005), o licopeno é uma substância com propriedades funcionais devido à sua ação antioxidante.

Além de ser consumido na forma *in natura* em saladas e outras preparações, o tomate é intensamente consumido na forma processada, como molhos, extratos, purês e, mais recentemente, na forma desidratada, como tomate seco. O consumo de tomate seco vem crescendo no Brasil, como ingrediente de massas e pizzas ou como aperitivo (BUGIANESI et al., 2004). Esse produto pode ser obtido por secagem convectiva direta ou por secagem convectiva precedida de desidratação osmótica (osmo-convectiva). A sacarose e

o cloreto de sódio, isolados ou combinados, são os solutos mais utilizados na desidratação osmótica (BORIN et al., 2008). Geralmente são utilizados em solução, mas podem ser aplicados diretamente sobre o tomate, em finas camadas.

A desidratação osmótica é realizada com o objetivo de maximizar a remoção de água e preservar as características sensoriais, físicas e químicas do tomate (BORIN et al., 2008). O método de secagem do tomate pode afetar a concentração dos compostos antioxidantes do tomate sendo essas alterações dependentes das condições de tempo, temperatura, exposição à luz e oxigênio empregadas na secagem (MAYEAUX et al., 2006).

Estudos têm mostrado aumento da biodisponibilidade do licopeno em produtos do tomate processado, pois o aquecimento promove o rompimento de estruturas celulares, liberando o licopeno e estimula isomerização do licopeno aumentando a proporção da forma isomérica cis, que é mais biodisponível que a trans (MORITZ; TRAMONTE, 2006). Até o momento, poucas investigações foram realizadas a respeito dos efeitos dos diferentes métodos de obtenção do tomate seco sobre suas características químicas e seu potencial antioxidante.

Além disso, a falta de padronização das técnicas de obtenção do tomate seco utilizadas pelos produtores pode disponibilizar ao consumidor produtos com características químicas, físicas e sensoriais distintas. Com isso, a provável ação benéfica do tomate seco poderá variar entre os produtos disponíveis no comércio varejista.

A agricultura orgânica constitui alternativa para produção sustentável de alimentos. A não utilização de agrotóxicos é uma das características mais importantes adotadas nesse sistema de cultivo. O aumento do consumo de produtos orgânicos vem despertando o interesse dos pesquisadores para as características químicas, físicas e sensoriais desses produtos. Apesar de as informações disponíveis indicarem melhor valor nutricional de tomates

orgânicos em relação àqueles produzidos em sistema convencional, as evidências ainda não são suficientes para afirmar, de forma definitiva, essa condição (BORGUINI; TORRES, 2006). Por isso, é importante que sejam realizados mais estudos comparando tomates cultivados em sistema orgânico e convencional para estabelecer melhor as diferenças e semelhanças entre as características químicas e físicas deste alimento.

Diante do exposto, considera-se importante conhecer as alterações das diferentes técnicas de secagem sobre as características físicas e químicas do tomate, principalmente em relação aos seus compostos antioxidantes e atividade antioxidante. Além disso, é preciso conhecer as características químicas e físicas dos tomates secos comercializados, uma vez que há poucas informações sobre a composição química e, principalmente, quanto à concentração de substâncias funcionais desses produtos nas tabelas de composição química de alimentos disponíveis.

### **1.1 Objetivo geral**

Avaliar os efeitos da secagem osmoconvectiva e convectiva sobre as características físicas, químicas e atividade antioxidante de tomates cultivados em sistema orgânico e convencional, bem como caracterizar física e quimicamente tomates secos adquiridos no comércio varejista.

### **1.2 Objetivos específicos**

- a) submeter os tomates à pré-desidratação osmótica seguida de secagem convectiva em ar quente;
- b) determinar os teores de compostos antioxidantes: licopeno,  $\beta$ -caroteno, compostos fenólicos e vitamina C nos tomates *in natura*,

- nos tomates secos com e sem desidratação osmótica e nos tomates secos adquiridos no comércio varejista;
- c) determinar a retenção dos compostos antioxidantes presentes no tomate seco;
  - d) determinar, por diferentes métodos, a atividade antioxidante total *in vitro* no tomate *in natura* e nos tomates secos submetidos à secagem, com e sem desidratação osmótica e nos tomates secos adquiridos no comércio varejista;
  - e) determinar nos tomates *in natura* e processados a cor, o teor de sólidos solúveis totais, a umidade, o pH e a acidez titulável;
  - f) determinar, nos tomates secos adquiridos no comércio varejista, a composição centesimal e o teor de minerais;
  - g) identificar a técnica de obtenção do tomate seco que apresentar adequadas respostas quanto à combinação da retenção e à respectiva ação dos compostos antioxidantes.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Considerações gerais sobre o tomate e suas propriedades físicas e químicas

O tomate, fruto do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill), é uma das hortaliças mais consumidas no Brasil e no mundo, sendo um importante produto agrícola. Trata-se de um fruto climatérico e seu amadurecimento, normalmente, inicia-se na sua porção distal, sendo geralmente colhido no início da maturação, quando os frutos começam mudar de cor, completando a maturação na pós-colheita (ANDREUCETTI et al., 2007).

O tomate é originário da região andina, desde o Equador até o norte do Chile, entretanto, seu cultivo foi melhorado pelos astecas no México. Conforme Souza (2002), os colonizadores espanhóis e portugueses foram responsáveis pela disseminação do tomateiro no mundo. No Brasil, especula-se que o cultivo do tomate tenha sido difundido há mais de um século, por imigrantes portugueses e italianos (TONON; BARONI; HUBINGER, 2006).

O tomate é o segundo produto olerícola mais produzido no mundo, sendo superado apenas pela batata. A produção mundial cresceu 36% entre 1985 e 2005. A China, os Estados Unidos e a Itália são os maiores produtores mundiais de tomate e o Brasil ocupa a sexta posição no ranking mundial, com produção anual superior a três milhões e meio de toneladas (AGRIANUAL, 2007).

Nas últimas décadas, o tomate tem sendo amplamente cultivado no Brasil, com destaque para os estados de Goiás, São Paulo, Minas Gerais, Pernambuco e Bahia, que representam cerca de 77% da produção anual do país (ANDREUCETTI et al., 2007; TONON; BARONI; HUBINGER, 2006). Segundo Vilela et al. (2003), entre os anos de 1991 e 2001 foi observado

expressivo aumento na produtividade de tomate, com aumento no rendimento de 34 para 75t.ha<sup>-1</sup>. O uso de híbridos com alto potencial de produção foi um dos principais fatores responsáveis pelo aumento da produtividade.

A cultivar Bônus é um híbrido do tipo longa vida estrutural, apresentando características semelhantes às da cultivar Débora. Eklund et al. (2005) realizaram estudo comparando o desempenho de diversos genótipos de tomateiro sob cultivo protegido. Estes autores observaram que o genótipo Bônus apresentou número médio de lócus igual a 2,25, espessura média da polpa 0,62 mm, comprimento e diâmetro médios de 5,14 e 5,10 cm, sendo a relação comprimento/diâmetro igual a 1,01; apresentou também peso médio do fruto baixo (74,57g), porém, a produção de frutos comerciais foi elevada quando comparado aos demais genótipos avaliados.

O tomate é consumido tanto na forma *in natura*, em saladas, quanto processada, como extratos, molhos, purês, ketchup, sucos e, mais recentemente, desidratados, na forma de tomate seco. Estima-se que um terço da produção nacional de tomate seja direcionado para o processamento industrial (GAMEIRO; COSTA FILHO; DAMIÃO, 2008).

No contexto do agronegócio essa atividade constitui a principal fonte de renda para grande número de produtores e movimenta indústrias paralelas de insumos, embalagens, máquinas agrícolas e equipamentos de irrigação, contribuindo para o desenvolvimento econômico regional e nacional (MELO; VILELA, 2004).

Devido ao seu baixo custo e disponibilidade durante todo ano, seu consumo é observado em todas as classes socioeconômicas, atingindo considerável parcela da população mundial (BUGIANESI et al., 2004). A maioria de seus produtos é altamente consumida em preparações diversas à base de massas, como macarrões, lasanhas e pizzas, conferindo-lhes coloração vermelha e sabor agradável. Já o tomate seco, que foi introduzido no Brasil por

imigrantes da Espanha e da Itália, tem sido consumido como ingrediente de massas e pizzas ou como aperitivo (FAGUNDES et al., 2005).

O licopeno é o principal carotenoide encontrado no tomate. Estima-se que a ingestão de tomate e seus produtos forneça mais de 80% de licopeno na dieta humana (BRAMLEY, 2000). O consumidor tem à sua disposição, nos comércios varejistas, tomates em diferentes estádios de maturação. Cabe ressaltar que o estágio de maturação do tomate tem relação direta com o conteúdo de licopeno, se elevando em estádios mais avançados de maturação (RAFFO et al., 2006).

Os tomates, quando amadurecidos, apresentam coloração vermelha típica. Esse processo é acompanhado pela degradação da clorofila e a síntese de carotenoides, principalmente o licopeno, que é o pigmento responsável pela coloração vermelha do tomate (VILAS-BOAS et al., 1999). Para tomates, a cor é o principal fator de decisão de compra utilizado pelo consumidor, sendo importante a sua preservação durante o processamento (CAMELO; GÓMEZ, 2004).

Os sólidos solúveis (SS) representam a porcentagem, em peso, de sólidos que se encontram dissolvidos no alimento. No caso dos frutos, há uma tendência de aumento do teor de sólidos solúveis com a evolução da maturação, devido ao processo de degradação e/ou biossíntese de polissacarídeos. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), o teor de sólidos solúveis constitui importante parâmetro sobre o grau de doçura dos frutos. Em geral, o teor de SST de tomates varia entre 4° e 6°Brix, sendo, na sua maior parte, constituído de açúcares (ANESE et al., 2002; GOUD, 1991).

A acidez e o pH são importantes fatores quando se analisa o nível de aceitação de um produto, devido à sua influência no sabor e no aroma dos alimentos. No tomate, os ácidos orgânicos correspondem a 1/10 dos sólidos totais, predominando o ácido cítrico. O alto teor de açúcares e ácidos tem sido

indicado como maior atributo da qualidade sensorial do tomate, além de intensificar seu sabor característico (SOUZA, 2002). Em geral, o pH do tomate situa-se entre 4,0 e 4,5 e tende a diminuir com a desidratação, favorecendo a conservação do produto (BORGUINI, 2006).

A relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) em vegetais é um importante indicador de amadurecimento e de sabor (CHITARRA; CHITARRA, 2005). O aumento desta relação durante a secagem do tomate pode significar incremento do sabor.

Nas últimas décadas, o tomate e seus derivados têm recebido maior atenção devido à sua ação benéfica à saúde do homem, especialmente em relação à presença de substâncias antioxidantes, como a vitamina C e compostos fenólicos (quercetina, kaenferol, naringenina, rutina e ácido clorogênico) e os carotenoides  $\beta$ -caroteno e, principalmente, o licopeno. O tomate e seus produtos são considerados alimentos funcionais devido a evidências encontradas em vários estudos, mostrando efeito positivo do seu consumo na redução de risco de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) (ABUSHITA et al., 1997; GIOVANNUCCI et al., 1995; KAUR; KAPOOR, 2002; ODRIOZOLA-SERRANO et al., 2009; SAHLIN; SAVAGE; LISTER, 2004; TAKEOKA et al., 2001).

Além de ser boa fonte de compostos antioxidantes, o tomate e seus produtos também são fontes de vitaminas (vitamina C, tiamina e outras), minerais (potássio, magnésio e outros) e apresenta baixo teor calórico, contribuindo para o estabelecimento de uma dieta saudável. A composição química, incluindo os nutrientes e os não nutrientes presentes no tomate, depende do estágio de fatores como maturação, cultivar, clima, condições de cultivo, processamento e armazenamento (BUGIANESE et al., 2004; MARTINEZ-VALVERDE et al., 2002; MORITZ; TRAMONTE, 2006). Na



Tabela 1 é possível a composição alimentar média em 100g de tomate cru com sementes.

Tabela 1 Composição química e energia em 100g de tomate cru, com sementes

Umidade	95,0%	Ferro	0,2 mg
Energia	15,0 kcal	Fósforo	29,0 mg
Proteínas	1,1 g	Manganês	0,07 mg
Lipídeos	0,2 g	Magnésio	138,0 mg
Colesterol	-	Potássio	222,0 mg
Carboidrato	3,1 g	Sódio	1,0 mg
Fibra alimentar	1,2 g	Zinco	0,1 mg
Cinzas	0,5 g	Tiamina	0,12 mg
Cálcio	7,0 mg	Piridoxina	0,02 mg
Cobre	0,04 mg	Vitamina C	21,2 mg

Fonte: Tabela... (2006)

A contribuição do tomate e seus produtos como fonte de nutrientes e compostos bioativos tem sido ressaltada nos últimos anos, devido às elevadas concentrações dessas substâncias e à alta frequência de consumo deste fruto na dieta humana (GEORGE et al., 2004).

## 2.2 Compostos antioxidantes do tomate

Os antioxidantes são substâncias que, quando presentes em baixas concentrações em relação ao substrato, são capazes de inibir ou retardar substancialmente a oxidação deste substrato (BORGUINI, 2006). A presença de substâncias antioxidantes em alimentos tem sido cada vez mais estudada, devido à sua importância na prevenção de DCNT (SHAMI; MOREIRA, 2004).

### 2.2.1 Licopeno

O principal composto antioxidante do tomate é o licopeno, devido não somente à sua elevada concentração neste fruto, mas também ao seu alto poder antioxidante. O tomate e seus produtos, como o tomate seco, se destacam como as principais fontes de licopeno da dieta e sua ingestão regular pode ser benéfica à saúde.

#### 2.2.1.1 Caracterização química do licopeno

O licopeno é um pigmento apolar que pertence à família dos carotenoides encontrado em frutos e hortaliças. É um composto poliisoprenoide constituído por 40 átomos de carbono e 56 de hidrogênio, formando uma cadeia acíclica altamente insaturada com 11 duplas ligações conjugadas e 2 não conjugadas (MORITZ; TRAMONTE, 2006; ROLDÁN-GUTIÉRREZ; CASTRO, 2007). Nas plantas, o licopeno é sintetizado a partir do fitoeno (caroteno incolor) via uma série de quatro reações de dessaturação (BRAMLEY, 2000).

Ao contrário do  $\beta$ -caroteno e de alguns outros carotenoides, o licopeno é um dos carotenoides sem ação pró-vitáminica, devido à ausência dos anéis beta-ionona nas extremidades da cadeia (AGARWAL; RAO, 2000; SHAMI; MOREIRA, 2004; XU; YUAN; DONG, 2006; ZHOU et al., 2007). Nos alimentos, o licopeno encontra-se principalmente na forma isomérica todo *trans* que corresponde a cerca de 79% a 97% do total de licopeno (BOILEAU et al., 1999; UNLU et al., 2007). Entretanto, suas duplas ligações podem sofrer isomerização durante o processamento dos alimentos. Os isômeros mais estáveis encontrados nas plantas são os 5-, 9-, 13- e 15-*cis* licopeno (Figura 1).

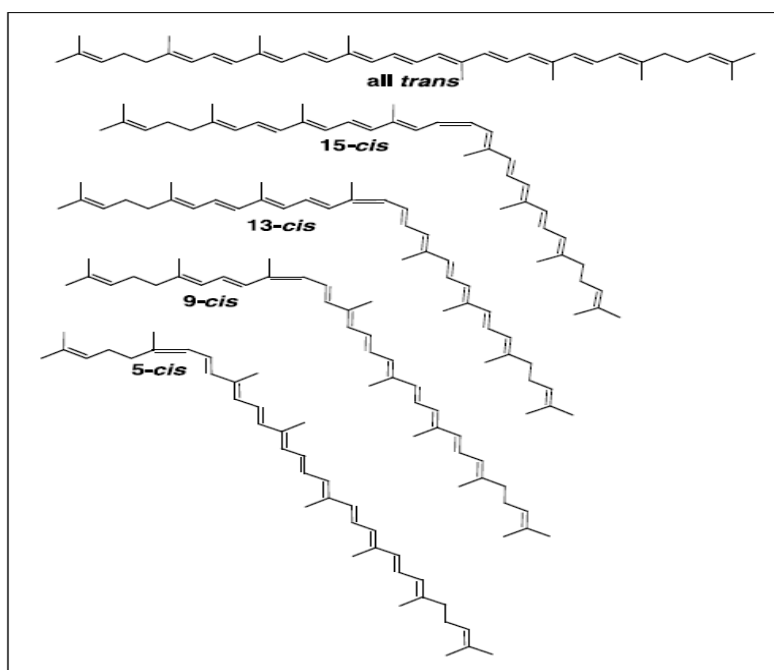


Figura 1 Estruturas dos isômeros *trans* e *cis* do licopeno (AGARWAL; RAO, 2000)

O licopeno, assim como outros carotenoides apresenta atividade antioxidante, inativando radicais livres *in vivo* e *in vitro*. Segundo Lenucci et al. (2006), a maior atividade antioxidante do licopeno em relação a outros carotenoides deve-se às duas duplas ligações não conjugadas que lhe conferem maior reatividade (SHAMI; MOREIRA, 2004).

#### 2.2.1.2 Importância do licopeno para a saúde humana

A ingestão de alimentos ricos em licopeno tem sido associada à redução da incidência de vários tipos de câncer, principalmente do trato digestório, pulmão e próstata e de doenças cardiovasculares (CHANG; LIU, 2007; DJURIC; POWELL, 2001). O licopeno é considerado um potente antioxidante e

sua ação na prevenção de doenças está diretamente associada a esta característica (SEYBOLD et al., 2004).

Durante o metabolismo aeróbio celular, cerca de 2% a 3% do oxigênio consumido é convertido em radicais livres que podem causar danos às células ou moléculas, levando à DCNT (LENUCCI et al., 2006). Dentre os carotenoides conhecidos, o licopeno é considerado o que possui maior capacidade sequestrante do oxigênio singlete. Estudos *in vitro* mostram uma ação antioxidante do licopeno duas vezes maior que do  $\beta$ -caroteno (ROLDAN-GUTIERREZ; CASTRO, 2007).

Erhardt et al. (2003) avaliaram a associação entre a concentração plasmática de licopeno e a presença de adenoma colorretal. Ao todo, foram investigados 73 indivíduos com adenoma colorretal e 63 sem adenoma. A concentração média de licopeno no plasma foi significativamente menor no grupo controle. Diversos estudos mostram associação inversa entre o consumo de tomate e seus derivados ou níveis de licopeno no plasma com o risco de câncer de próstata (GIOVANNUCI et al., 1995; HSING et al., 1990; MILLS et al., 1989). Segundo Clinton e Giovannucci (1998), homens que consomem duas ou mais porções de molho de tomate por semana têm redução de 36% no risco de desenvolver câncer de próstata em relação a homens que raramente ou nunca consomem molho de tomate. Kirsh et al. (2006) realizaram um estudo prospectivo com o objetivo de investigar a associação da ingestão de licopeno via produtos do tomate com o câncer de próstata. Ao todo foram acompanhados 29.631 homens durante quatro anos. Os autores observaram efeito protetor da maior ingestão de licopeno apenas para homens com histórico familiar de câncer de próstata.

Além da ação antioxidante, o licopeno apresenta ação inibitória sobre a proliferação de diversos tipos de células cancerosas, incluindo câncer de mama,

de pulmão e do endométrio, regulação da função gênica, modulação da resposta imune e hormonal (ARAGAWAL; RAO, 2000; HEBER; LU, 2002).

O licopeno tem sido destacado também como fator de proteção para as doenças cardiovasculares, que são a principal causa de morte nos países desenvolvidos e em desenvolvimento. A presença do licopeno no plasma diminui a oxidação da lipoproteína de baixa densidade (LDL-c). Quando oxidada, essa lipoproteína é responsável por iniciar o processo aterogênico, conduzindo a instalação da doença coronariana (MAYEAUX et al., 2006). O licopeno, além de diminuir a oxidação da LDL-c, apresenta ação hipocolesteremiante por reduzir a síntese de colesterol, inibindo a ação da 3-hidroxi-3-metil-glutaril-CoA (HMG-CoA) redutase, enzima chave na síntese endógena do colesterol (ARAB; STECK, 2000). Rao, Waseem e Argawal (1998) observaram redução significativa da oxidação da LDL-c em indivíduos que consumiram diariamente, durante uma semana, 126 g de molho de tomate (39,2mg de licopeno) ou 540 mL de suco de tomate (50,4mg de licopeno) ou cápsulas de licopeno em óleo (75 mg de licopeno).

Yaping et al. (2003) relataram que o papel protetor do licopeno pode estar associado à sua ação anticoagulante e anti-inflamatória observada em camundongos. A ingestão de licopeno também está associada a alterações na função imune (HEBER; LU, 2002). Porrini e Riso (2000) realizaram um estudo com mulheres adultas que consumiram 25 mg de purê de tomate, contendo aproximadamente 7 mg de licopeno, por 14 dias consecutivos. Os autores observaram aumento na concentração de licopeno nos linfócitos e da resistência dos linfócitos ao estresse oxidativo.

### 2.2.1.3 Fontes alimentares e recomendações de licopeno

O licopeno não pode ser sintetizado pelo organismo humano, sendo necessário ingeri-lo por meio da dieta para obter seus efeitos benéficos. Um pequeno número de alimentos apresenta quantidades significativas de licopeno. As principais fontes dietéticas são os alimentos de coloração avermelhada, como o tomate, a melancia, a goiaba vermelha, a pitanga e o mamão (ABUSHITA; DAOOD; BIACS, 2000; BUGIANESI et al., 2004; ROLDAN-GUTIERREZ; CASTRO, 2007).

Em geral, quanto mais avermelhado o alimento maior será a quantidade de licopeno presente. Diversos fatores podem alterar a concentração de licopeno nos alimentos, sendo comum encontrar nos estudos grande variação em um mesmo alimento (Tabela 2). Os fatores que mais influenciam o teor de licopeno nos alimentos são estágio de maturação, local de cultivo, clima e estação do ano, variedade, processamento e condições de armazenamento (PERIAGO et al., 2007). Segundo Moritz e Tramonte (2006), em geral o teor de licopeno é maior nas cascas do que nas polpas dos frutos e em alimentos produzidos em regiões de clima quente.

Tabela 2 Teor de licopeno em frutas e produtos do tomate

Alimento	Teor de licopeno (µg/g)
Tomate fresco	8,8-42,0
Molho de tomate	62,0
Extrato de tomate	54,0-1500,0
Suco de tomate	50,0-116,0
Ketchup	99,0-143,4
Molho de pizza	127,1
Melancia	23,0-72,0
Goiaba vermelha	54,0
Papaya	20,0-53,0

Fonte: Bramley (2000)

Como o Brasil é um país continental e tem significativas variações de clima entre seus estados, é possível encontrar grandes diferenças no teor de licopeno em um mesmo tipo de alimento cultivado em regiões diferentes. Rodriguez-Amaya (1999) encontrou teor de licopeno duas vezes maior no mamão formosa produzido na Bahia em relação ao produzido no estado de São Paulo. Outro fator importante é a forma de consumo do alimento. Sabe-se que o processamento do tomate aumenta a biodisponibilidade do licopeno. Dessa forma, é importante estimular o consumo do tomate processado termicamente, como o tomate seco, visando o aumento do teor de licopeno na dieta.

Pouco se sabe sobre a ingestão de licopeno na população. Existem também dúvidas sobre as necessidades do organismo e a dose segura de ingestão. A maioria dos autores sugere ingestão diária entre 4 e 10 mg para indivíduos saudáveis. Entretanto, alguns autores acreditam que seria necessário ingerir quantidades bem maiores (cerca de 35 mg/dia) para se obter os efeitos benéficos do licopeno (RAO; AGARWAL, 2000; SHAMI; MOREIRA, 2004). Para atingir essa quantidade seria necessário promover mudanças de hábitos alimentares aumentando o consumo de alimentos ricos em licopeno ou disponibilizar outros com maior teor deste carotenoide.

Rao e Shen (2002) realizaram um estudo com 12 indivíduos que ingeriram 5 mg, 10 mg ou 20 mg de licopeno provenientes de ketchup ou cápsulas, durante duas semanas. Os resultados mostraram aumento significativo da concentração sérica de licopeno e redução significativa da peroxidação lipídica para todas as concentrações, independente da fonte de licopeno. Os autores recomendam ingestão diária de 5 mg a 10 mg de licopeno.

#### **2.2.1.4 Metabolismo e biodisponibilidade do licopeno**

A biodisponibilidade do licopeno é influenciada por vários fatores que vão determinar sua liberação do alimento, captação intestinal e utilização celular. Para ser absorvido no intestino, o licopeno precisa, inicialmente, ser liberado da matriz celular. A homogeneização mecânica e o tratamento térmico do tomate favorecem a ruptura da matriz celular aumentando sua biodisponibilidade (BOILEAU; BOILEAU; ERDMAN JUNIOR, 2002). Bohm e Britsch (1999) registraram absorção de licopeno significativamente maior para mulheres que ingeriram suco de tomate e licopeno oleaginoso em cápsulas em relação àquelas que ingeriram tomate cru. Dewanto et al. (2002) verificaram aumento significativo do teor de licopeno e da capacidade antioxidante de tomates processados, a 88°C, por 15 minutos. Segundo Mayeaux et al. (2006), 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 licopeno (PERIAGO et al., 2007).

A presença de lipídios favorece absorção do licopeno devido à sua solubilidade em lipídios. A secreção de bile (agente emulsificante) durante a digestão favorece a dispersão dos lipídios no meio aquoso do trato digestório e a formação de micelas, contribuindo para a absorção do licopeno. Dessa forma, o licopeno encontrado no tomate seco e em molhos, que recebem óleo durante o processamento, são mais biodisponíveis que o licopeno do tomate cru. Alguns autores sugerem que, para melhorar a absorção de licopeno, é necessária a presença de 3 a 10 g de gordura na refeição (HET-HOF et al., 2000).

Outro fator que interfere na biodisponibilidade do licopeno é sua forma isomérica. No tomate, cerca de 80% a 97% do licopeno encontra-se na forma



*all-trans*-licopeno (MORARU; LEE, 2005). Entretanto, no plasma e em tecidos humanos mais de 50% do licopeno encontra-se na forma *cis*, sugerindo que ele é melhor absorvido que o *all-trans*-licopeno. Os *cis* isômeros são mais biodisponíveis que os *trans*-licopenos, provavelmente devido à sua maior solubilidade, sendo incorporado mais facilmente nas micelas e, conseqüentemente, mais bem absorvidos. Ao contrário dos isômeros *cis*, os isômeros *trans* do licopeno apresentam estrutura linear, o que favorece sua agregação, reduzindo sua solubilidade. O tratamento térmico também favorece essa isomerização, aumentando a captação intestinal de licopeno (BOILEAU; BOILEAU; ERDMAN JUNIOR, 2002).

Após ingerido, o licopeno é captado passivamente pelo enterócito e incorporado aos quilomícrons pelos quais será carregado pela corrente sanguínea. A ação da lipase lipoproteica sobre os quilomícrons libera parte do licopeno para ser utilizado pelos tecidos corporais. O licopeno restante será captado pelo fígado, podendo retornar à corrente sanguínea ligado à lipoproteína de muito baixa densidade (VLDL-c), passando posteriormente as LDL-c. Alguns autores sugerem que a presença de fibras pode prejudicar a absorção de licopeno, diminuindo sua biodisponibilidade (MORITZ; TRAMONTE, 2006). Riedl et al. (1999) estudaram o efeito da ingestão de diferentes tipos de fibras sobre a absorção de licopeno. Os autores concluíram que as fibras reduziram significativamente a absorção de licopeno. Neste estudo, não foram observadas diferenças significativas em relação ao tipo de fibras (solúveis e insolúveis).

Considerando o efeito do tratamento térmico e da presença de lipídios sobre a biodisponibilidade do licopeno, possivelmente, o tomate seco poderá representar excelente de fonte de licopeno de alta biodisponibilidade. Porém, estudos são necessários para confirmar essa suposição e as condições ideais de secagem que maximizem o aumento da biodisponibilidade do licopeno do tomate.

### **2.2.1.5 Determinação do teor de licopeno em alimentos**

Conhecer a concentração de licopeno nos alimentos é fundamental para orientar o consumo e aumentar o aproveitamento de seus benefícios. Entretanto, a maioria das tabelas de composição química disponíveis não apresenta o teor de licopeno nos alimentos. Igualmente, os rótulos dos alimentos também não expressam o conteúdo de licopeno.

A determinação do teor de licopeno dos alimentos é realizada por meio de análise espectrofotométrica ou por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) (CARVALHO et al., 2005). A aplicação dessas metodologias é relativamente lenta e requer equipamentos e solventes onerosos (LEÃO; PEIXOTO; VIEIRA, 2006).

O licopeno é um pigmento altamente insaturado e apolar. Para determinar a concentração de licopeno é necessário extraí-lo dos alimentos. A extração do licopeno de alimentos é realizada utilizando-se solventes orgânicos, como acetona, hexano, etanol, clorofórmio, éter etílico, éter de petróleo, benzeno e outros (ROLDAN-GUTIERREZ; CASTRO, 2007).

Antes de iniciar a extração do licopeno deve-se preparar a amostra. Em geral são removidas a camada externa (epiderme) e as sementes dos frutos que, então, são homogeneizados. Porém, no caso do tomate, a remoção da camada externa pode acarretar significativa redução do teor de licopeno, pois sua concentração é maior nesta parte do fruto. De acordo com Periago et al. (2007), diversos fatores podem interferir na extração e na quantificação do licopeno, tais como quantidade de amostra, velocidade e tempo de homogeneização, volume de solventes, volume de água utilizado para separar as fases polar e apolar, exposição à luz, temperaturas elevadas e oxigênio. Na literatura observa-se a utilização de diversas proporções e tipos de solventes para a extração do

licopeno (GOULA et al., 2005). Parte das variações observadas no teor de licopeno de um mesmo alimento pode ser atribuída ao processo de extração.

Na quantificação do licopeno dos alimentos realizada via espectrofotometria, o licopeno é extraído utilizando-se o solvente orgânico acetona e, posteriormente, é transferido para o éter de petróleo. A leitura no espectrofotômetro é realizada no comprimento de onda de 470nm (CARVALHO et al., 2005). Nagata e Yamashita (1992) desenvolveram método simples para determinação simultânea de carotenoides (licopeno e  $\beta$ -caroteno) e clorofila em tomates. O método se baseia na extração dos pigmentos com mistura de acetona e hexano (4:6, v/v) e subsequente leitura do sobrenadante em quatro diferentes comprimentos de onda ao mesmo tempo. Os teores de licopeno,  $\beta$ -caroteno e clorofilas a e b são estimados utilizando-se equações. O método apresenta alta correlação com outros métodos específicos para carotenoides.

A cromatografia líquida de alta eficiência é altamente precisa, entretanto, demanda elevado investimento, onerando a sua utilização (PERIAGO et al., 2004). Embora o extrato de licopeno possa ser diretamente detectado no cromatógrafo, a maioria dos autores evapora o solvente utilizando fluxo de nitrogênio e reconstitui o material evaporado em solvente compatível com a fase móvel, melhorando a separação dos componentes da amostra (ROLDAN-GUTIERREZ; CASTRO, 2007). Para detectar o licopeno após a separação, a maioria dos autores utiliza detectores UV visível, principalmente no detector *diiodo array* que produz resultados satisfatórios e rápidos. Para identificar e quantificar os isômeros do licopeno tem sido utilizada uma coluna cromatográfica C<sub>30</sub> de fase reversa (BOILEAU et al., 1999; BREEMEN et al., 2002; MORARU; LEE, 2005). A identificação destes isômeros tem recebido maior atenção devido à diferença de biodisponibilidade observada entre os isômeros *cis* e *trans* do licopeno. Boileau et al. (1999), observaram maior biodisponibilidade dos isômeros *cis*-licopeno em furões (*Mustela putorius furo*).

Os autores também relataram que os isômeros *cis* apresentaram maior solubilidade nas micelas de ácidos biliares.

### 2.2.2 $\beta$ -caroteno

O beta caroteno é um pigmento apolar que confere coloração amarelo-alaranjada a frutas e vegetais, como a manga e a cenoura. Nos vegetais é sintetizado a partir do licopeno via duas reações de ciclização, formando dois anéis beta ionona nas extremidades da cadeia (PAIVA; RUSSEL, 1999).

Cerca de 50 carotenoides apresentam atividade de vitamina A. Dentre estes, o  $\beta$ -caroteno apresenta maior atividade de vitamina A. Uma molécula deste composto pode dar origem a duas moléculas de retinol (BARBOSA-FILHO et al., 2007). Na mucosa intestinal os carotenoides com atividade pró-vitamínica são hidrolisados pela dioxigenase de caroteno, gerando retinaldeído que é reduzido a retinol (COZZOLINO, 2007). Apesar de o  $\beta$ -caroteno não ser considerado um nutriente, seu teor na dieta é levado em consideração no cômputo do teor de vitamina A referida como retinol equivalente (RE). Cada 1  $\mu\text{g}$  de  $\beta$ -caroteno corresponde a 0,167  $\mu\text{g}$  de RE e cada 1  $\mu\text{g}$  de outros carotenoides provitamina A a 0,084  $\mu\text{g}$  de RE (SOUZA et al., 2008). Portanto, o  $\beta$ -caroteno caroteno pode contribuir para reduzir o risco de hipovitaminose A, que ainda é um problema de saúde pública no Brasil (CAMPOS et al., 2003).

O consumo de alimentos ricos em  $\beta$ -caroteno e outros carotenoides tem sido associado com a redução de doenças crônicas não transmissíveis, como alguns tipos de câncer e doenças cardiovasculares (WILLIAMS et al., 2000). No entanto, a associação entre consumo de  $\beta$ -caroteno e redução de risco de doenças cardiovasculares é inconsistente (VOUTILAINEN et al., 2006). A suplementação de  $\beta$ -caroteno pode aumentar a incidência de câncer de pulmão em indivíduos fumantes. Dessa forma, recomenda-se aumentar o consumo de  $\beta$ -

caroteno via alimentação, em detrimento do consumo de suplementos (SEYBOLD et al., 2004).

A ação antioxidante do  $\beta$ -caroteno é influenciada pela pressão de oxigênio ( $pO_2$ ). O  $\beta$ -caroteno age como antioxidante, inibindo a peroxidação lipídica na  $pO_2$  de 150 mmHg. No entanto, apresenta perda da atividade antioxidante ou efeito prooxidante com o aumento da  $pO_2$  (PALOZZA et al., 1997). A adição de tocoferol previne a ação pro-oxidante do  $\beta$ -caroteno.

O  $\beta$ -caroteno é encontrado principalmente em vegetais alaranjados, como a cenoura e a papaya e em vegetais verdes-escuros. O tomate possui teores moderados de  $\beta$ -caroteno, podendo variar de 10 a 51  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  (MURATORE et al., 2008). O teor de  $\beta$ -caroteno e de outros antioxidantes do tomate é influenciado pelo processamento térmico. Abushita, Baood e Biacs (2000) observaram redução do teor de ácido ascórbico, tocoferol e  $\beta$ -caroteno, em decorrência do processamento térmico.

### **2.2.2 Compostos fenólicos**

Os compostos fenólicos são substâncias bioativas produzidas no metabolismo secundário de plantas, que incluem as famílias de flavonoides, ácidos fenólicos, lignanas e estilbenos. Basicamente, os compostos fenólicos apresentam estrutura derivada do benzeno ligada a um ou mais grupos hidrofílicos (COZZOLINO, 2007; MALACRIDA; MOTA, 2005). Nas plantas são encontrados nas formas livre ou conjugada (ligados a açúcares e proteínas) e exercem funções de defesa, pigmentação e afetam as características organolépticas dos alimentos (SHEN; CHEN; WANG, 2007; SOARES et al., 2008).

Pesquisas recentes identificaram diversos efeitos benéficos dos compostos fenólicos para a saúde humana, tais como modulação da atividade de

algumas enzimas, inibição da proliferação celular, efeito anti-inflamatório e antialérgico e capacidade de sequestrar espécies reativas de oxigênio (EROs) (CHEUNG; CHEUNG; OOI, 2003; COZZOLINO, 2007; LIMA; MELO; LIMA, 2002).

Os compostos fenólicos são potentes agentes antioxidantes que atuam nas reações de peroxidação lipídica, redução do oxigênio singlete e como quelante de metais (DUARTE-ALMEIDA et al., 2006). De acordo com Fang et al. (2009), a atividade antioxidante, observada em diversos vegetais, está diretamente relacionada à presença de compostos fenólicos. Os flavonoides e os ácidos fenólicos são os antioxidantes fenólicos mais comumente encontrados em alimentos naturais (SHEN; CHEN; WANG, 2007). Devido à ação antioxidante dos compostos fenólicos, o consumo regular de alimentos ricos em compostos fenólicos pode reduzir o risco de alguns tipos de câncer e doenças cardiovasculares (BROINIZI et al., 2007; MALACRIDA; MOTA, 2005; SOARES, 2002).

O aumento da lipoproteína de baixa densidade (LDL-c) é um dos principais fatores de risco para doenças coronarianas (AUSTIN; HOKANSON; EDWARDS, 1998). Pearson et al. (1999) observaram redução da oxidação da LDL-c humana *in vitro* pela ação de compostos fenólicos presentes no suco e extrato de maçãs. Segundo Hakimoglu et al. (2007), os compostos fenólicos têm papel importante para estabilizar a peroxidação lipídica, sendo os flavonoides muito eficientes na neutralização de radicais peroxil. Essa ação pode estar relacionada à sua capacidade de reduzir e quelar ferro férrico ( $Fe^{+3}$ ), que tem ação catalisadora na peroxidação lipídica (ANDRADE et al., 2007; MARTINEZ-VALVERDE et al., 2002).

Apesar de o tomate apresentar teor de compostos fenólicos apenas moderado, ele tem sido considerado a principal fonte de compostos fenólicos presente na dieta da população americana, devido ao seu alto consumo

(GEORGE et al., 2004). No Brasil, está entre as hortaliças mais produzidas e consumidas, sendo também importante fonte de compostos fenólicos para a população brasileira (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2004).

Shen, Chen e Wang (2007) observaram aumento na concentração plasmática de fenólicos totais e atividade antioxidante após seis semanas de consumo de tomates processados termicamente. Além disso, os autores verificaram redução das LDL-c e do triacilgliceróis plasmáticos e ação antioxidante sinérgica dos compostos fenólicos com os carotenoides.

Nos tomates, os compostos fenólicos estão presentes, principalmente, na forma conjugada, sendo quercetina, kaenferol, naringenina, rutina e ácido clorogênico os fenólicos presentes em maior concentração (MARTINEZ-VALVERDE et al., 2002; STEWART et al., 2000). Shen, Chen e Wang (2007) observaram um aumento significativo no teor de fenólicos totais em tomates aquecidos a 85°C por 6 e 30 minutos e a 100°C por 10 e 30 minutos.

O consumo regular de tomate e produtos de tomate tem sido considerado um indicador de bons hábitos alimentares devido à presença de compostos bioativos como os carotenoides e compostos fenólicos (ODRIOZOLA-SERRANO et al., 2009).

### **2.2.3 Vitamina C no tomate e derivados**

O ácido ascórbico ou vitamina C é uma substância hidrossolúvel encontrada em diversas frutas, como laranja, limão, acerola, goiaba e papaia e hortaliças, como tomate, batata e outras. A maioria dos vegetais e animais é capaz de sintetizar a vitamina C, porém, os seres humanos e os primatas não desenvolveram essa característica tornando a vitamina C um nutriente essencial para o bom funcionamento do seu organismo (BORGUINI, 2006).

A vitamina C exerce diversas funções no organismo humano. Dentre elas, participa da hidroxilação da prolina e da lisina, necessárias para a biossíntese de colágeno (MAIA et al., 2007), atua na síntese de carnitina e noraepinefrina (COZZOLINO, 2007), aumenta a absorção do ferro não heme mantendo o ferro no estado ferroso ( $\text{Fe}^{+2}$ ) e formando um quelato solúvel com o ferro (FANTINI et al., 2008). Atua na conversão do colesterol em ácidos biliares e é capaz de doar elétrons neutralizando os radicais livres (ação antioxidante) (DAS et al., 2006).

Apesar de rara, a deficiência de vitamina C pode causar sérios danos à saúde humana. No ser humano, as alterações clínicas iniciais da hipovitaminose C são fadiga, perda de apetite, sonolência, palidez, irritabilidade, defeitos dentários, cicatrização lenta de pequenos ferimentos e presença de pequenas hemorragias na pele (ANDERSON; OOSTHUIZN; MARITZ, 1988). Já a deficiência grave de vitamina C acarreta o escorbuto, que é caracterizado pela presença de gengivas edemaciadas e inflamadas, perda dos dentes, hemorragias e feridas que não cicatrizam devido à baixa produção de colágeno (COSTA et al., 2001).

Na natureza, a vitamina C é encontrada na forma reduzida (ácido ascórbico) ou oxidada (ácido deidroascórbico). Ambas são biologicamente ativas e a transformação reversível do ácido ascórbico em ácido deidroascórbico ocorre normalmente no interior das células (BORGUINI, 2006).

O tomate é uma importante fonte de vitamina C na dieta humana (FANTINI et al., 2008). Segundo Sánchez-Moreno et al. (2005), o tomate é o terceiro alimento que mais contribui com vitamina C na dieta dos norte-americanos. A vitamina C é um dos componentes antioxidantes do tomate, entretanto, as informações sobre os efeitos antioxidantes dos produtos de tomate processados são escassas e, geralmente, limitadas ao conteúdo de licopeno.



O efeito antioxidante da vitamina C tem sido relacionado com a prevenção de DCNT, como alguns tipos de câncer (estômago, pulmão e fígado) e doenças coronarianas (DU et al., 2009; LEONG; SHUI, 2002). Das et al. (2006) observaram significativa redução da peroxidação lipídica *in vitro* das LDL-c de pacientes hipercolesterolêmicos e normocolesterolêmicos suplementados com ácido ascórbico. De acordo com os autores, as LDL-c de pacientes hipercolesterolêmicos apresentaram maior propensão à oxidação, sendo necessário maior quantidade de ácido ascórbico para reduzir seu nível de oxidação. Esses resultados sugerem que pacientes hipercolesterolêmicos devem ingerir quantidades maiores de vitamina C para reduzirem a oxidação das LDL-c diminuindo o risco de aterosclerose.

O teor de vitamina C nos alimentos pode ser influenciado por diversos fatores como cultivar, estágio de maturação, tipo de solo, sistema de cultivo, condições de processamento e armazenamento e outros (DAVEY et al., 2000; MAIA et al., 2007). O teor de vitamina C no tomate fresco é cerca de 19 mg.100g<sup>-1</sup>, enquanto, no molho de tomate, esse teor diminui para 13 mg.100g<sup>-1</sup> (COZZOLINO, 2007). Segundo Sahlin et al. (2004), além do tomate apresentar considerável teor de ácido ascórbico, este é relativamente estável devido às condições de acidez encontradas nos seus tecidos. Por outro lado, o processamento do tomate pode acarretar significativas perdas de ácido ascórbico, sendo dependente das condições de temperatura, tempo, pH e luz utilizadas no processamento (GABAS; TELIS-ROMERO; MENEGALLI, 2003).

Dewanto et al. (2002) observaram a degradação do ácido ascórbico decorrente do processamento térmico do tomate, entretanto, foi observado aumento na atividade antioxidante devido à liberação do licopeno da matriz celular. Zanoni et al. (1999) observaram que o teor de vitamina C em amostras de tomate submetidas ao processo de secagem era dependente da temperatura e

teor de umidade. Estes autores observaram perda total do ácido ascórbico quando as amostras de tomate atingiram 50% de umidade a temperatura de secagem de 110°C. Conhecer a cinética de degradação da vitamina C, em alimentos processados termicamente permite escolher condições que minimizem a perda dessa vitamina, melhorando a qualidade nutricional do produto final.

### **2.3 Determinação da atividade antioxidante total em alimentos**

As espécies reativas do oxigênio (EROs) são radicais livres produzidos normalmente durante o metabolismo aeróbio celular. De 2% a 3% do oxigênio consumido é convertido em radicais livres (WICKENS, 2001). Os radicais livres apresentam um ou mais elétrons não pareados nos orbitais externos, sendo altamente reativos. Dentre os radicais livres estão incluídos o oxigênio singlete ( $^1\text{O}_2$ ), o ácido hipocloroso (HOCl), o hidroperóxido ( $\text{HO}_2 \bullet$ ), o superóxido ( $\text{O}_2 \bullet$ ), a hidroxila ( $\text{OH} \bullet$ ), o peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), o óxido nítrico ( $\text{NO} \bullet$ ) e o dióxido de nitrogênio ( $\text{NO}_2 \bullet$ ), sendo o radical hidroxila o mais reativo (BORGUINI, 2006; SHAMI; MOREIRA, 2004).

Após sua formação, os radicais livres reagem rapidamente com outros compostos, iniciando reações em cascata que podem causar morte celular e danos ao DNA (LENUCCI et al., 2006). Em condições normais, o sistema de defesa antioxidante enzimático (glutathiona-peroxidase, superóxido-dismutase e catalases) e não enzimático (ácido ascórbico, tocoferol, vitamina E, carotenoides, flavonoides, etc.) controla os efeitos deletérios dos radicais livres. Entretanto, quando a produção de radicais livres supera a capacidade de defesa do sistema antioxidante, aumenta a probabilidade de os radicais livres reagirem com moléculas celulares, provocando sérios danos ao organismo (SHAMI; MOREIRA, 2004).

O estresse oxidativo pode ser produzido tanto pelo excesso de radicais livres quanto por ineficiência do sistema de defesa antioxidante, ou ambos (REBELLATO et al., 2008). O excesso de radicais livres tem sido associado ao processo de envelhecimento corporal e à patogênese de doenças degenerativas, como mal de Alzheimer e doenças crônicas não transmissíveis, como câncer e doenças cardiovasculares (LENUCCI et al., 2006; ROESLER et al., 2007; SPEISKY; JIMÉNEZ, 2000). Devido às evidências da participação dos radicais livres na gênese de diversas doenças, tem aumentado o interesse pela avaliação do potencial antioxidante dos alimentos.

Frutas e outros vegetais apresentam substâncias antioxidantes distintas. A presença de compostos fenólicos, ácido ascórbico e, principalmente, do licopeno coloca o tomate entre os alimentos com alto potencial antioxidante (DJURIC; POWELL, 2001). Contudo, o tratamento térmico comumente usado em tomates pode afetar significativamente a concentração dos seus componentes antioxidantes e, conseqüentemente, sua atividade antioxidante (YAHIA et al., 2007). Dewanto et al. (2002) observaram aumento da biodisponibilidade de licopeno, redução da vitamina C e insignificante alteração dos compostos fenólicos em tomates processados termicamente. Mayeaux et al. (2006) observaram redução de 35,9% e 48,5% do teor de licopeno em purês de tomates processados termicamente durante 15 minutos, a 177°C e 218°C, respectivamente.

Dados sobre o efeito do processamento térmico do tomate não são consistentes e as diferentes metodologias empregadas, como as diferentes temperaturas de cocção e modo de preparo, dificultam a comparação dos resultados (SAHLIN et al., 2004). O tomate seco pode ser obtido por diferentes combinações de tempo e temperatura de secagem, o que pode acarretar diferenças significativas no produto final. Dessa forma, é necessário realizar

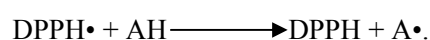
investigações sobre os efeitos do tratamento térmico no conteúdo de compostos antioxidantes e atividade antioxidante de tomates e seus produtos.

Vários métodos têm sido utilizados para determinar a atividade antioxidante *in vitro* e *in vivo*, no entanto, não há um método que seja universal para todos os extratos de plantas e alimentos (NIKI, 2002). A existência de vários métodos para avaliar a atividade antioxidante acarreta dificuldades de seleção da metodologia mais adequada para um determinado estudo. Além disso, as diferentes condições de ensaio utilizadas (concentrações, pH, tempo de oxidação, temperaturas, oxigenação) dificultam a interpretação e a comparação dos resultados obtidos (QUEIROZ, 2006).

A atividade antioxidante de um alimento é resultado da ação de cada um de seus componentes antioxidantes. Além disso, os componentes antioxidantes de um alimento podem interagir entre si e produzir efeitos sinérgicos ou inibitórios (KUSKOSKI et al., 2005). Assim, a atividade antioxidante total de um alimento pode ser maior ou menor que a soma da atividade antioxidante de cada composto avaliado separadamente (BORGUINI, 2006).

A maioria dos métodos para avaliação da atividade antioxidante *in vitro* baseia-se na capacidade destes de remover os radicais livres do meio, pela rápida doação de um átomo de hidrogênio para esses radicais (PRIOR; CAO, 2000), os quais são substâncias cromógenas cuja perda de cor será proporcional à sua concentração no meio (KUSKOSKI et al., 2005). Dentre os métodos que aplicam esta técnica, os mais utilizados são o método radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH), o ensaio do poder antioxidante em redução férrica (FRAP), o método de descoloração do radical 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) (ABTS0, o ensaio da capacidade de absorbância do radical oxigênio (ORAC) e, ainda, o ensaio da atividade da xantina-oxidase (QUEIROZ, 2006; RUFINO et al., 2007).

O método do DPPH é amplamente utilizado para avaliar a atividade antioxidante de frutos por ser um recurso fácil e preciso (LEONG; SHUI, 2002). Ele baseia-se na captura do radical estável DPPH em solução de metanol por um composto antioxidante presente na amostra. Os antioxidantes doam átomos de hidrogênio ao radical DPPH que possui um elétron livre, conforme a seguinte equação:



Essa reação promove descolorimento da solução de metanol que é monitorada pela redução da absorvância medida espectrofotometricamente a 515 nm, até alcançar valores constantes (BRAND-WILLIAMS; CUVELIER; BERSET, 1995). O grau de descolorimento da solução indica a eficiência de captura do radical pelo antioxidante presente na amostra (QUEIROZ, 2006).

A absorvância do DPPH pode ser influenciada por pH, luz, oxigênio e concentração. Por isso, recomenda-se o máximo controle das condições experimentais para a obtenção de resultados confiáveis. Cabe ressaltar que alguns antioxidantes reagem com o DPPH mais rapidamente que outros, sendo necessário observar criteriosamente os tempos de leitura no espectrofotômetro. Apesar de esse método ser considerado um recurso fácil e preciso, o uso de protocolos diferentes em várias pesquisas dificultam a comparação dos resultados (SHARMA; BHAT, 2009).

Também existem os métodos que empregam lipídios como substrato. Neste grupo de metodologias estão o sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico, o aparelho Rancimat® e, ainda, o ensaio das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), dentre outros (KUSKOSKI et al., 2005; QUEIROZ, 2006).

Sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico consiste na descoloração do betacaroteno induzida pelos produtos da degradação oxidativa do ácido linoleico, por meio de ensaio espectrofotométrico, a 470 nm. Esse método estima a capacidade dos antioxidantes de sequestrar o radical peróxido do ácido linoleico (LOO•), que oxida o betacaroteno presente na emulsão (BORGUINI, 2006). Para determinar o percentual de oxidação, deve-se correlacionar a queda na leitura da densidade ótica das amostras com a redução de absorvância do controle (sem antioxidante), que é considerado como 100% de oxidação. Para estabelecer a percentagem de inibição da oxidação, deve-se subtrair a percentagem de oxidação de cada amostra de 100 (MELO; MANCINI-FILHO, 1989).

#### **2.4 Desidratação de tomates**

O Brasil é um grande produtor de frutas e hortaliças e a produção nacional concentra-se nos cultivos da batata, tomate, cenoura e cebola. A cultura do tomate se destaca no Cerrado, chegando a 80% da olericultura da região (GOMES; CEREDA; VILPOUX, 2007). Um dos maiores problemas no cultivo do tomate são as perdas pós-colheita que atingem, em média, cerca de 30% da produção nacional (VILELA et al., 2003). O tomate é um alimento de fácil deterioração, devido à sua elevada umidade, que representa de 93% a 95% no fruto maduro. Por isso, é necessária a sua industrialização, visando reduzir perdas pós-colheita, principalmente durante o pico da safra (ANDRADE et al., 2003; CORRÊA et al., 2008).

O Brasil é o maior produtor de tomate para processamento industrial na América do Sul, sendo o maior mercado consumidor dos produtos industrializados derivados do tomate. Porém, no cenário mundial, a participação brasileira ainda é muito reduzida, tanto no fornecimento de tomate para

processamento industrial quanto na exportação de produtos industrializados (MELO; VILELA, 2005). A cadeia brasileira de tomate busca alternativas para elevar a produção, a industrialização, o consumo e a redução de custos. Dentre os fatores debatidos, o desenvolvimento de cultivares com alto teor de licopeno tem sido preconizado por especialistas, constituindo um dos principais fatores de redirecionamento da indústria brasileira de tomate nas próximas décadas. Com isso, espera-se estimular ainda mais o consumo de produtos derivados do tomate (SIES; STAHL, 1999).

Segundo Melo e Vilela (2004), no ano 2000, foram comercializadas cerca de 350 mil toneladas de produtos atomatados, sendo 41% de extrato simples concentrado (18 a 23 Brix), 30% de molhos prontos, 15% de ketchup e 14% de polpa de tomate. O consumo de produtos prontos, como molhos e ketchups, tem aumentado, em detrimento do consumo de produtos como o extrato de tomate. Isso reflete mudança de comportamento da população brasileira, que tem mostrado preferência por produtos práticos, fáceis de usar e que economizem tempo (FERNANDES, 2000).

O tomate seco, que foi introduzido no Brasil por imigrantes da Espanha e da Itália, ainda é um produto recente no mercado brasileiro, apresentando grande potencial de expansão nas próximas décadas. Nos últimos anos, seu consumo no Brasil cresceu de maneira considerável, sendo comumente encontrado nos cardápios de restaurantes, como ingredientes de massas e pizzas ou como aperitivo, e em lojas especializadas (TONON; BARONI; HUBINGER, 2006). Portanto, esse produto do tomate deve ser mais intensamente investigado quanto ao seu potencial benéfico à saúde.

A elaboração do tomate seco constitui uma alternativa para o aproveitamento do excedente da produção, minimizando as perdas, aumentando a lucratividade, agregando valor ao tomate e disponibilizando um alimento com alto potencial nutritivo e de sabor agradável (CAMARGO; HAJ-ISA;

QUEIROZ, 2007; FAGUNDES et al., 2005). A obtenção do tomate seco pode ser realizada utilizando-se etapas de pré-desidratação osmótica seguida de secagem com aplicação de calor (secagem osmo-convectiva) ou apenas por secagem direta sem pré-desidratação (secagem convectiva). Não há, entretanto, padronização quanto ao tempo e à temperatura de secagem do tomate, o que gera produtos com características distintas no mercado, dificultando a quantificação da contribuição desse produto com relação aos componentes antioxidantes e/ou nutritivos para a dieta humana.

Diversas pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de desenvolver técnicas que minimizem as alterações de cor, sabor, textura e perda de nutrientes e de fitoquímicos, decorrentes das condições de secagem do tomate (CAMARGO; HAJ-ISA; QUEIROZ, 2007). Neste contexto, a desidratação osmótica tem se destacado como pré-tratamento para secagem do tomate, uma vez que reduz o tempo de secagem, gerando economia e melhorando as características sensoriais do produto final (CORRÊA et al., 2008).

Segundo Sereno et al. (2001), os tratamentos osmóticos podem ser utilizados como pré-tratamento para a secagem do tomate por processos convencionais, como secagem a ar convectivo. A desidratação osmótica de alimentos consiste na remoção parcial de água pela pressão ocasionada quando se coloca o produto em contato com uma solução hipertônica de solutos (açúcar, sal ou ambas), diminuindo, assim, a atividade de água do alimento. Quando o alimento é colocado na solução hipertônica, sua água passa através das paredes celulares do vegetal para a solução (GOMES; CEREDA; VILPOUX, 2007; PONKHARKAR; PRASAD; DAS, 1997).

Corrêa et al. (2008) avaliaram a influência da concentração da solução osmótica e do tempo de imersão sobre a desidratação de tomates. Nesse estudo, as melhores condições de aceitação do produto foram obtidas realizando-se a



desidratação do tomate em solução osmótica com NaCl 10%, durante 30 minutos, seguida de secagem convectiva em secador de bandejas por 10 horas.

Tonon, Baroni e Hubinger (2006) investigaram a influência da temperatura, composição da solução osmótica e agitação na desidratação de tomates. Os autores verificaram que a perda de umidade e o ganho de sal e sacarose foram maiores na temperatura de 40°C, maior temperatura utilizada no estudo, e na solução com NaCl 10% e sacarose 55%. A agitação da solução também favoreceu a redução de umidade do tomate.

O percentual final de umidade influencia as características sensoriais do tomate seco. Camargo, Haj-Isa e Queiroz (2007), observaram maior aceitação de tomates secos com 35% de umidade em relação a tomates secos com 25% de umidade. Fagundes et al. (2005) avaliaram a influência da umidade na textura do tomate seco. Para os tomates secos envasados em óleo, a textura mais apreciada pelos provadores foi a dos tomates secos, com umidade entre 55% e 65%. Já para os tomates secos refrigerados, a umidade de 64% resultou numa textura com maior aceitação pelos consumidores.

## **2.5 Alimentos orgânicos**

O consumo de produtos orgânicos está aumentando no Brasil. Dentre os fatores que influenciam o aumento do consumo de produtos orgânicos, tem-se a busca por alimentos mais saudáveis, com menos resíduos de agrotóxicos e a busca por sistemas de produção sustentáveis. Por outro lado, o preço geralmente maior que dos produtos cultivados em sistema convencional limita crescimento mais acelerado do consumo de produtos orgânicos (NASSUR, 2009).

A produção de alimentos orgânicos no Brasil está regulamentada pela Lei Federal nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003, que estabelece normas disciplinares para a produção, tipificação, processamento, envase, distribuição,

identificação e certificação da qualidade dos produtos orgânicos, sejam de origem animal ou vegetal. De acordo com esta Lei, considera-se sistema orgânico de produção agropecuária todo aquele em que sejam adotadas técnicas específicas, mediante a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais, tendo por objetivos a sustentabilidade ecológica e econômica, a maximização dos benefícios sociais e a minimização da dependência de energia não renovável, empregando, sempre que possível, métodos culturais, biológicos e mecânicos, em contraposição ao uso de materiais sintéticos, a eliminação do uso de organismos geneticamente modificados e radiações ionizantes, em qualquer fase do processo de produção, processamento, armazenamento, distribuição e comercialização, e a proteção do meio ambiente (BRASIL, 2003).

O uso de agrotóxicos na agricultura é uma das maiores preocupações dos consumidores, pois a ingestão de alimentos contaminados com resíduos tóxicos pode aumentar o risco de doenças, comprometendo a saúde humana, além de prejudicar o meio ambiente (BOURN; PRESCOTT, 2002). A produção orgânica de alimentos surge como alternativa ao quadro de contaminação química dos alimentos, buscando oferecer produtos isentos de resíduos químicos. No entanto, é necessário melhorar o controle e a fiscalização da produção e da comercialização desses produtos. Cabe ressaltar que cerca de 90% da agricultura orgânica é realizada pelo pequeno produtor (BORGUNI; TORRES, 2006).

O Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos coordenado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) promoveu a realização, em 2009, de análises de resíduos de agrotóxicos em 3.130 amostras de 20 culturas diferentes em 26 estados da Federação. Ao todo, 29% das amostras foram classificadas como insatisfatórias. Destas, 2,8% apresentavam resíduos de agrotóxicos acima do Limite Máximo de Resíduos (LMR) e 23,8%

apresentavam presença de agrotóxicos não autorizados. O tomate foi a nona colocada entre as culturas com maior percentual de amostras insatisfatórias, com 32,6% das amostras em situação inadequada. Dentre as culturas analisadas, o pimentão (80%), a uva (56,4%), o feijão (3%) e a batata (1,2%) foram os alimentos com os maiores e menores percentuais de amostras classificadas como insatisfatórias (ANVISA, 2010).

Os meios de comunicação têm veiculado a informação de que os alimentos orgânicos são mais saudáveis que os cultivados em sistema convencional. Porém, do ponto de vista nutricional, existem controvérsias sobre a possível melhor qualidade de alimentos orgânicos, principalmente devido à ampla gama de fatores que podem interferir na composição química dos alimentos, o que dificulta a realização de estudos bem controlados. Informações científicas que abordem o assunto ainda são escassas (BORGUINI; TORRES, 2006).

Apesar de as informações disponíveis indicarem melhor valor nutricional de alimentos orgânicos, as evidências ainda não são suficientes para afirmar de forma definitiva a condição de superioridade desses produtos (ISHIDA; CHAPMAN, 2004; REN; ENDO; HAYASHI, 2001; SMITH, 2003). Por isso, é importante a realização de mais estudos nos quais sejam comparados tomates cultivados em sistema orgânico e convencional, para estabelecer as diferenças e as semelhanças entre as suas características químicas e físicas.

## REFERÊNCIAS

- ABUSHITA, A. A.; DAOOD, H. G.; BIACS, P. A. Change in carotenoids and antioxidant vitamins in tomato as a function of varietal and technological factors. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 48, n. 6, p. 2075-2081, May 2000.
- ABUSHITA, A. A. et al. Determination of antioxidant vitamins in tomatoes. **Food Chemistry**, London, v. 60, n. 2, p. 207-212, Feb. 1997.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Alimentos com alegações de propriedades funcionais e ou de saúde, novos alimentos/ingredientes, substâncias bioativas e probióticos**. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/alimentos/comissoes/tecno.htm>>. Acesso em: 1 set. 2010.
- \_\_\_\_\_. **Programa de Análises de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos - PARA: relatório de atividades de 2010**. Brasília, 2010. 22 p.
- AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2007. 504 p.
- ANDERSON, L.; OOSTHUIZN, R.; MARITZ, R. The effects os increasing weekly doses of ascorbate on certain cellular and humoral immune functions in volunteers. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 33, n. 6, p. 71-76, Dec. 1988.
- ANDRADE, C. A. et al. Determinação do conteúdo fenólico e avaliação da atividade antioxidante de *Acacia podalyriifolia* A. Cunn. ex G. Don, Leguminosae-mimosoideae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 231-235, abr./jun. 2007.
- ANDRADE, S. A. et al. Desidratação osmótica do jenipapo (*Genipa americana* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 276-281, mar./abr. 2003.
- ANDREUCETTI, C. et al. Qualidade pós-colheita de frutos de tomate cv. Andréa tratados com etileno. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 1, p. 122-126, jan./mar. 2007.

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

ARAB, L.; STECK, S. Lycopene and cardiovascular disease. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 71, p. 1691S-1695S, 2000. Supplement.

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

AUSTIN, M. A.; HOKANSON, J. E.; EDWARDS, K. L. Hypertriglyceridemia as a cardiovascular risk factor. **American Journal of Cardiology**, New York, v. 81, n. 4A, p. 7B-12B, 1998.

BARBOSA-FILHO, J. M. et al. Sources of alpha-, beta-, gamma-, delta- and epsilon-carotenes: a twentieth century review. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 135-154, Jan. 2008.

BOHM, V.; BITSCH, R. Intestinal absorption of lycopene from different matrices and interactions to other carotenoids, the lipid status, and the antioxidant capacity of human plasma. **European Journal of Nutrition**, London, v. 38, n. 3, p. 118-125, June 1999.

BOILEAU, A. C. et al. Cis lycopene, is more bioavailable than trans-lycopene in vitro and in vivo in lymph-cannulated ferrets. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 129, n. 6, p. 1176-1181, June 1999.

BOILEAU, T. W.; BOILEAU, A. M.; ERDMAN JUNIOR, J. W. Bioavailability of all-trans and cis-isomers of lycopene. **Experimental Biology and Medicine**, Cambridge, v. 227, n. 10, p. 914-919, Oct. 2002.

BORGUINI, R. G. **Avaliação do potencial antioxidante e de algumas características físico-químicas do tomate (*Lycopersicon esculentum*) orgânico em comparação ao convencional**. 2006. 178 p. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

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

BORIN, I. et al. Efeito do pré-tratamento osmótico com sacarose e cloreto de sódio sobre a secagem convectiva de abóbora. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 1, p. 39-50, jan./fev. 2008.

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

BRAMLEY, P. M. Is lycopene beneficial to human health? **Phytochemistry**, Oxford, v. 54, n. 3, p. 233-236, Sept. 2000.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, London, v. 28, n. 1, p. 25-30, Jan. 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. **Lei nº. 10.831**, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre normas para a produção de produtos orgânicos vegetais e animais. Brasília, 2003. Disponível em: <<http://www.unifap.br/ppgdapp/legislacao/complemento/Lei10831.htm?OpenDocument>>. Acesso em: 10 fev. 2010.

BREEMEN, R. B. et al. Liquid chromatography-mass spectrometry of *cis*- and *all-trans*-Lycopene in human serum and prostate tissue after dietary supplementation with tomato sauce. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 50, n. 8, p. 2214-2219, Mar. 2002.

BROINIZI, P. R. B. et al. Avaliação da atividade antioxidante dos compostos fenólicos naturalmente presentes em subprodutos do pseudofruto de caju (*Anacardium occidentale* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 4, p. 902-908, out./dez. 2007.

BUGIANESI, R. et al. Effect of domestic cooking on human bioavailability of naringenin, chlorogenic acid, lycopene and carotene in cherry tomatoes. **European Journal of Nutrition**, London, v. 43, n. 6, p. 360-366, Dec. 2004.

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, out. 2007.

CAMELO, A. F. L.; GÓMEZ, P. A. Comparison of color indexes for tomato ripening. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 534-537, maio/jun. 2004.

CAMPOS, M. F. et al. Teores de beta-caroteno em vegetais folhosos preparados em restaurantes comerciais de Viçosa, MG. **Brazilian Journal Food Technology**, Campinas, v. 6, n. 2, p. 163-169, 2003.

CARVALHO, W. et al. Estimativa indireta de teores de licopeno em frutos de genótipos de tomateiro via análise colorimétrica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 3, p. 819-825, jul./set. 2005.

CHANG, C. H.; LIU, Y. C. Study on lycopene and antioxidant contents variations in tomatoes under air-drying process. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 72, n. 9, p. 532-540, Sept. 2007.

CHEUNG, L. M.; CHEUNG, C. K.; OOI, V. E. C. Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts. **Food Chemistry**, London, v. 81, n. 2, p. 249-255, May 2003.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

CLINTON, S. K.; GIOVANNUCCI, E. Diet, nutrition and prostate cancer. **Annual Reviews of Nutrition**, London, v. 18, n. 7, p. 413-440, July 1998.

CORRÊA, J. L. G. et al. Desidratação osmótica de tomate seguida de secagem. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 35-42, 2008.

COSTA, M. J. C. et al. Efeito da suplementação com acerola nos níveis sanguíneos de vitamina C e de hemoglobina em crianças pré-escolares. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 13-20, jan./abr. 2001.

COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 2. ed. São Paulo: Manole, 2007. 992 p.

DAS, S. et al. Role of ascorbic acid on in vitro oxidation of low-density lipoprotein derived from hypercholesterolemic patients. **Clinica Chimica Acta**, Amsterdam, v. 372, n. 1/2, p. 202-205, May 2006.

DAVEY, M. W. et al. Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 80, n. 7, p. 825-860, May 2000.

DEWANTO, V. et al. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 50, n. 10, p. 3010-3014, Apr. 2002.

DJURIC, Z.; POWELL, L. C. Antioxidant capacity of lycopene-containing foods. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, Hants, v. 52, n. 2, p. 143-149, Feb. 2001.

DU, G. et al. Antioxidant capacity and the relationship with polyphenol and vitamin C in Actinidia fruits. **Food Chemistry**, London, v. 113, n. 2, p. 557-562, Mar. 2009.

DUARTE-ALMEIDA, J. M. et al. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoléico e método de seqüestro de radicais DPPH. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 446-452, abr./jun. 2006.

EKLUND, C. R. B. et al. Desempenho de genótipos de tomateiro sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 4, p. 1015-1017, set./dez. 2005.

ERHARDT, J. G. et al. Lycopene,  $\beta$ -carotene, and colorectal adenomas. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 78, n. 6, p. 1219-1224, Dec. 2003.

FAGUNDES, A. F. et al. influência do grau de umidade na textura de tomate seco refrigerado ou envasado em óleo. **Revista da UEPG Ciências Exatas Terra, Ciências Agrárias Engenharia**, Ponta Grossa, v. 11, n. 1, p. 35-42, abr. 2005.

FANG, Z. et al. Phenolic compounds and antioxidant capacities of bayberry juices. **Food Chemistry**, London, v. 113, n. 4, p. 884-888, Apr. 2009.

FANTINI, A. P. et al. Disponibilidade de ferro em misturas de alimentos com adição de alimentos com alto teor de vitamina C e de cisteína. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 435-439, abr./jun. 2008.



FERNANDES, M. S. Transformação industrial do tomate no Brasil. In: SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. **Tomate para processamento industrial**. Brasília: EMBRAPA Hortaliças, 2000. p. 150-165.

GABAS, A. L.; TELIS-ROMERO, J.; MENEGALLI, F. C. Cinética de degradação do ácido ascórbico em ameixas liofilizadas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, p. 66-70, dez. 2003. Suplemento.

GAMEIRO, A. H.; COSTA FILHO, J. V.; DAMIÃO, C. D. Modelagem e gestão das perdas no suprimento de tomates para processamento industrial. **Revista Gestão e Produção**, São Carlos, v. 15, n. 1, p. 101-115, jan./abr. 2008.

GEORGE, B. et al. Antioxidants in tomato (*Lycopersicon esculentum*) as a function genotype. **Food Chemistry**, London, v. 84, n. 1, p. 45-51, Jan. 2004.

GIOVANNUCCI, E. et al. Intake of carotenoids and retinol in relation to risk of prostate cancer. **Journal of the National Cancer Institute**, Bethesda, v. 87, n. 23, p. 1767-1776, Dec. 1995.

GOMES, A. T.; CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. Desidratação osmótica: uma tecnologia de baixo custo para o desenvolvimento da agricultura familiar. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, v. 3, n. 3, p. 212-226, 2007.

GOUD, W. A. **Composition of tomatoes: tomato production, processing and quality evaluation**. Westport: AVI, 1991. 358 p.

GOULA, A. M. et al. Prediction of lycopene degradation during a drying process of tomato pulp. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 74, n. 1, p. 37-46, May 2006.

HAKIMOGLU, F. et al. The effect of ethanol extract of *Hypericum lysimachioides* on lipid profile in hypercholesterolemic rabbits and its in vitro antioxidant activity. **Atherosclerosis**, Limerick, v. 192, n. 1, p. 113-122, Feb. 2007.

HEBER, D.; LU, Q. Overview of mechanisms of action of lycopene. **Experimental Biological and Medicine**, London, v. 227, n. 10, p. 920-923, Nov. 2002.

HET-HOF, K. H. et al. Dietary factors that affect the bioavailability of carotenoids. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 130, n. 3, p. 503-506, 2000.

HSING, A. W. et al. Serologic precursors of cancer. Retinol, carotenoids, and tocopherol and risk of prostate cancer. **Journal of the National Cancer Institute**, Bethesda, v. 82, n. 11, p. 941-946, Apr. 1990.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa de orçamentos familiares 2002-2003**: aquisição alimentar domiciliar per capita. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pof/2002aq/uisicao/pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2010.

ISHIDA, B. K.; CHAPMAN, M. H. A comparison of carotenoid content and total antioxidant activity in catsup from several commercial sources in the United States. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 52, n. 26, p. 8017-8020, July 2004.

KAUR, C.; KAPOOR, H. C. Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 37, n. 2, p. 153-161, Feb. 2002.

KIRSH, V. A. et al. A prospective study of lycopene and tomato product intake and risk of prostate cancer. **Cancer Epidemiological, Biomarkers and Prevention**, Philadelphia, v. 15, n. 1, p. 92-98, Mar. 2006.

KUSKOSKI, E. M. et al. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 726-732, out./dez. 2005.

LEÃO, D. M.; PEIXOTO, J. R.; VIEIRA, J. V. Teor de licopeno e de sólidos solúveis em oito cultivares de melancia. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 22, n. 3, p. 7-15, 2006.

LENUCCI, M. S. et al. Antioxidant composition in cherry and high-pigment tomato cultivars. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 54, n. 7, p. 2606-2613, Apr. 2006.

LEONG, L. P.; SHUI, G. An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. **Food Chemistry**, London, v. 76, n. 1, p. 69-75, Jan. 2002.

LIMA, V. L. A. G.; MÉLO, E. A.; LIMA, D. E. S. Fenólicos e carotenóides totais em pitanga. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 3, p. 447-450, jul./set. 2002.

MAIA, G. A. et al. Efeito do processamento sobre componentes do suco de acerola. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 130-134, jan./mar. 2007.

MALACRIDA, C. R.; MOTTA, R. Compostos fenólicos totais e antocianinas em suco de uva. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 659-664, out./dez. 2005.

MARTINEZ-VALVERDE, I. et al. Phenolic compounds, lycopene and antioxidant activity in commercial varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum*). **Journal of Science and Food Agriculture**, Easton, v. 82, n. 3, p. 323-330, Feb. 2002.

MAYEAUX, M. et al. Effects of cooking conditions on the lycopene content in tomatoes. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 71, n. 8, p. 461-464, Aug. 2006.

MELO, M. S. O. M.; MANCINI-FILHO, J. Antioxidantes naturais do fruto do dendezeiro (*Elaeis guineensis*, Jaq). **Revista de Farmácia e Bioquímica da Universidade de São Paulo**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 147-157, 1989.

MELO, P. C. T.; VILELA, N. J. Desafios e perspectivas para a cadeia brasileira do tomate para processamento industrial. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 154-157, jan./mar. 2005.

\_\_\_\_\_. Desempenho da cadeia agroindustrial brasileira do tomate na década de 90. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 154-160, jan./mar. 2004.

MILLS, P. K. et al. Cohort study of diet, lifestyle, and prostate cancer in Adventist men. **Cancer**, Bruxelles, v. 64, n. 3, p. 598-604, Feb. 1989.

MORARU, C.; LEE, T. C. Kinetic studies of lycopene isomerization in a tributyrin model system at gastric pH. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 53, n. 23, p. 8997-9004, Nov. 2005.

MORITZ, B.; TRAMONTE, V. L. C. Biodisponibilidade do licopeno. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 9, n. 2, p. 265-273, jan./fev. 2006.

MURATORE, G. et al. Partial dehydration of cherry tomato at different temperature and nutritional quality of the products. **Food Chemistry**, London, v. 111, n. 4, p. 887-891, Dec. 2008.

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

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

NIKI, E. Antioxidant activity: are we measuring it correctly? **Nutrition**, London, v. 16, n. 6, p. 524-525, 2002.

ODRIOZOLA-SERRANO, I. et al. Carotenoid and phenolic profile of tomato juices processed by high intensity pulsed electric fields compared with conventional thermal treatments. **Food Chemistry**, London, v. 112, n. 1, p. 258-266, Jan. 2009.

PAIVA, S. A. R.; RUSSEL, R. M.  $\beta$ -carotene and other carotenoids as antioxidants. **Journal of the American College of Nutrition**, New York, v. 18, n. 5, p. 426-433, 1999.

PALOZZA, P. et al. Antioxidant and prooxidant role of beta-carotene in murine normal and tumor thymocytes: effects of oxygen partial pressure. **Free Radical Biological and Medicine**, New York, v. 22, n. 6, p. 1065-1073, Sept. 1997.

PEARSON, D. A. et al. Apple juice inhibits human low density lipoprotein oxidation. **Life Sciences**, Elmsford, v. 64, n. 21, p. 1913-1920, June 1999.

PERIAGO, M. J. et al. Detection of key factors in the extraction and quantification of lycopene from tomato and tomato products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 55, n. 22, p. 8825-8829, Oct. 2007.

\_\_\_\_\_. Mixture approach for optimizing lycopene extraction from tomato and tomato products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 52, n. 19, p. 5796-5802, Aug. 2004.

POKHARKAR, S. M.; PRASAD, S.; DAS, H. A. Model for osmotic concentration of bananas slices. **Journal Food Science and Technology**, Mysore, v. 34, n. 3, p. 230-232, 1997.

PORRINI, M.; RISO, P. Lymphocyte lycopene concentration and DNA protection from oxidative damage is increased in women after a short period of tomato consumption. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 130, n. 3, p. 189-192, May 2000.

PRIOR, R. L.; CAO, G. Analysis of botanicals and dietary supplements for antioxidant capacity: a review. **Journal of AOAC International**, Arlington, v. 83, n. 4, p. 950-956, Aug. 2000.

QUEIROZ, Y. S. **Alho (*Allium sativum*) e produtos: atividade antioxidante in vitro durante a vida de prateleira**. 2006. 128 p. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

RAFFO, A. et al. Seasonal variations in antioxidant components of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Naomi F1). **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 19, n. 1, p. 11-19, Feb. 2006.

RAO, A. V.; AGARWAL, S. Role of antioxidant lycopene in câncer and heart disease. **Journal of the American College of Nutrition**, New York, v. 19, n. 5, p. 563-569, 2000.

RAO, A. V.; SHEN, H. Effect of low dose lycopene intake on lycopene bioavailability and oxidative stress. **Nutrition Research**, Tarrytown, v. 22, n. 10, p. 1125-1131, Oct. 2002.

RAO, A. V.; WASEEM, Z.; AGARWAL, S. Lycopene content of tomatoes and tomato products and their contribution to dietary lycopene. **Food Research International**, Barking, v. 31, n. 10, p. 737-741, Oct. 1998.

REBELATTO, J. R. et al. Antioxidantes, atividade física e estresse oxidativo em mulheres idosas. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 8-11, jan./fev. 2008.

REN, H.; ENDO, H.; HAYASHI, T. Antioxidative and antimutagenic activities and polyphenol content of pesticide-free and organically cultivated Green vegetables using water-soluble chitosan as a soil modifier and leaf surface spray. **Journal of Science and Food Agricultural**, Easton, v. 81, n. 15, p. 1426-1432, Dec. 2001.

RIELD, J. et al. Some dietary fibers reduce the absorption of carotenoids in women. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 129, n. 12, p. 2170-2176, Dec. 1999.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Latin American food sources of carotenoids. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 49, n. 3, p. 74-84, 1999.

ROESLER, R. et al. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 53-60, jan./mar. 2007.

ROLDÁN-GUTIÉRREZ, J. M.; CASTRO, M. D. L. Lycopene: the need for better methods for characterization and determination. **Trends in Analytical Chemistry**, Amsterdam, v. 26, n. 2, p. 163-170, Apr. 2007.

RUFINO, M. S. M. et al. **Metodologia científica**: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Brasília: EMBRAPA, 2007. 12 p. (Comunicado Técnico, 127).

SAHLIN, E.; SAVAGE, G. P.; LISTER, C. E. Investigation of the antioxidant properties of tomatoes after processing. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 17, n. 5, p. 635-647, Oct. 2004.

SÁNCHEZ-MORENO, C. et al. Nutritional characterisation of commercial traditional pasteurised tomato juices: carotenoids, vitamin C and radical-scavenging capacity. **Food Chemistry**, London, v. 98, n. 4, p. 749-756, 2006.

SERENO, A. M. et al. Prediction of water activity of osmotic solutions. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 49, n. 2/3, p. 103-114, Aug. 2001.

SEYBOLD, C. et al. Changes in contents of carotenoids and vitamin e during tomato processing. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 52, n. 23, p. 7005-7010, Oct. 2004.

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

SHARMA, O. P.; BHAT, T. K. DPPH antioxidant assay revisited. **Food Chemistry**, London, v. 113, n. 4, p. 1202-1205, Apr. 2009.

SHEN, Y. C.; CHEN, S. L.; WANG, C. K. Contribution of tomato phenolics to antioxidation and down-regulation of blood lipids. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 55, n. 16, p. 6475-6480, Aug. 2007.

SIES, H.; STAHL, W. Biovality of lycopene. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 487, n. 12, p. 389-393, Aug. 1999.

SMITH, B. L. Organic foods vs. supermarket foods: element levels. **Journal of Application Nutrition**, London, v. 45, n. 1, p. 35-39, Mar. 1993.

SOARES, M. et al. Avaliação da atividade antioxidante e identificação dos ácidos fenólicos presentes no bagaço de maçã cv. Gala. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 3, p. 727-732, jul./set. 2008.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes Phenolic acids as antioxidants. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 71-81, jan./abr. 2002.

SOUZA, J. S. **Estudo da desidratação de tomates (*Lycopersicum esculentum*) em pedaços com pré-tratamento osmótico**. 2002. 103 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2002.

SOUZA, M. B. et al.  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno e  $\alpha$ -tocoferol em algas marinhas in natura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 4, p. 953-958, 2008.

SPEISKY, H. C.; JIMÉNEZ, I. T. Radicales libres y antioxidantes en la prevención de enfermedades III: evidencias clínico epidemiológicas de los riesgos y beneficios asociados al consumo de antioxidantes en la prevención de enfermedades cardiovasculares. **Revista Chilena de Nutrición**, Santiago, v. 27, n. 3, p. 314-325, 2000.

STEWART, A. J. et al. Occurrence of flavonols in tomatoes and tomato-based products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 48, n. 7, p. 2663-2669, June 2000.

TABELA brasileira de composição de alimentos. Campinas: NEPA/UNICAMP, 2006. 105 p.

TAKEOKA, G. R. et al. Processing effects on lycopene content and antioxidant activity of tomatoes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 49, n. 8, p. 3713-3717, July 2001.

TONON, R. V.; BARONI, A. F.; HUBINGER, M. D. Estudo da desidratação osmótica de tomate em soluções ternárias pela metodologia de superfície de resposta. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 715-723, jul./set. 2006.

UNLU, N. Z. et al. Carotenoid absorption in humans consuming tomato sauces obtained from tangerine or High- $\beta$ -Carotene varieties of tomatoes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 55, n. 4, p. 1597-1603, Jan. 2007.

VILAS-BOAS, E. V. B. et al. Influência do alelo alcobaça em heterozigose sobre a vida de prateleira e qualidade pós-colheita de tomates. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 3, p. 650-657, maio/jun. 1999.

VILELA, N. J. et al. O peso da perda de alimentos para a sociedade: o caso das hortaliças. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 142-144, abr./jun. 2003.

VOUTILAINEN, S. et al. Carotenoids and cardiovascular health. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 83, n. 6, p. 1265-1271, June 2006.

WICKENS, A. P. Ageing and the free radical theory. **Respiration Physiology**, Amsterdam, v. 128, n. 3, p. 379-339, Nov. 2001.

WILLIAMS, A. W. et al. Beta-carotene modulates human prostate cancer cell growth and may undergo intracellular metabolism to retinol. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 130, n. 4, p. 728-732, Apr. 2000.

XU, F.; YUAN, Q. P.; DONG, H. R. Determination of lycopene and  $\beta$ -carotene by high-performance liquid chromatography using sudan I as internal standard. **Journal of Chromatography B**, Amsterdam, v. 838, n. 1, p. 44-49, June 2006.

YAHIA, E. et al. Postharvest hot air treatment effects on the antioxidant system in stored mature-green tomatoes. **Postharvest Biology and Technology**, London, v. 44, n. 2, p. 107-115, May 2007.

YAPING, Z. et al. Anti-inflammatory and anticoagulant activities of lycopene in mice. **Nutrition Research**, Tarrytown, v. 23, n. 11, p. 1591-1595, Nov. 2003.

ZANONI, B. et al. Oxidative heat damage of tomato halves as affected by drying. **Food Research International**, Barking, v. 31, n. 5, p. 395-401, Nov. 1999.

ZHOU, C. H. et al. Carotenoids in white-and red-fleshed loquat fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 55, n. 19, p. 7822-7830, Oct. 2007.



## CAPÍTULO 2

### **Características físicas e químicas e retenção de licopeno em tomates desidratados submetidos a diferentes pré-tratamentos**

#### **RESUMO**

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar as características físicas e químicas e a retenção de licopeno em tomates desidratados submetidos a diferentes pré-tratamentos. A desidratação osmótica foi utilizada como pré-tratamento para a secagem convectiva do tomate (secagem osmoconvectiva). Os tomates da cultivar Bônus, produzidos em sistema orgânico, foram cortados longitudinalmente e submetidos à desidratação osmótica por 120 minutos. Foram utilizadas seis soluções osmóticas com as seguintes concentrações: NaCl 5%, NaCl 10%, NaCl 5% + sacarose 10%, NaCl 10% + sacarose 5%, sacarose 5%, sacarose 10% (p/v), e foi também realizada desidratação osmótica com aplicação direta dos solutos (NaCl ou mistura de NaCl + sacarose). Em seguida, os tomates foram submetidos à secagem, a 65°C, durante 12 horas. A secagem direta (secagem convectiva) do tomate sem a pré-desidratação foi utilizada como controle. Foram realizadas análises de umidade, pH, acidez titulável, sólidos solúveis e cor. O licopeno foi extraído com solução de acetona/hexano (4:6, v/v), sendo a fase apolar utilizada para leitura espectrofotômetro. A secagem osmoconvectiva promoveu aumento do teor de sólidos solúveis totais, acidez titulável e redução do pH, exceto para soluções de sacarose que não alteraram o pH dos tomates. Somente a solução osmótica com cloreto de sódio 10% e a aplicação direta dos solutos promoveram redução significativa da umidade em relação ao controle. As soluções osmóticas contendo apenas sacarose apresentaram retenção de licopeno significativamente superior aos demais tratamentos. A utilização da desidratação osmótica como pré-tratamento para secagem do tomate pode contribuir para acelerar o processo de secagem e preservar o teor de licopeno de tomates.

Palavras-chave: Tomate. Desidratação osmótica. Licopeno.

## ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the physiochemical characteristics and lycopene retention in dehydrated tomatoes submitted to different pretreatments. Osmotic dehydration was used as pretreatment for the drying convective of the tomato (drying osmo-convective). The tomatoes of the Bônus cultivar, produced under the organic system, were cut longitudinally and submitted the osmotic dehydration for 120 minutes. Six osmotic solutions were used with the following concentrations: NaCl 5%, NaCl 10%, NaCl 5% + sucrose 10%, NaCl 10% + sucrose 5%, sucrose 5%, sucrose 10% (w/v), and the osmotic dehydration was conducted with direct application of the solutes (NaCl or mixture of NaCl + sucrose). Soon afterwards the tomatoes were submitted to drying at 65°C for 12 hours. The direct drying (convective drying) of the tomato without the predehydration was used as control. Were analyzed the moisture, pH, acidity titratable, soluble solids and color. Lycopene was extracted with a solution of acetone / hexane (4:6, v / v) and the polar phase used for reading spectrophotometer. The osmo-convective drying promoted an increase in the level of total soluble solids, titratable acidity and reduction of the pH, except for the sucrose solutions, that did not alter the pH of the tomatoes. Only the osmotic solution with 10% sodium chloride and the direct application of the solutes promoted significant moisture reduction in relation to the control. The osmotic solutions only containing sucrose presented lycopene retention significantly superior to the other treatments. The use of the osmotic dehydration as pretreatment for drying of the tomato can contribute to accelerate the drying process and to preserve the tomato lycopene level.

Keywords: Tomato. Osmotic dehydration. Lycopene.

## 1 INTRODUÇÃO

O tomate é o segundo produto olerícola mais produzido no mundo, sendo superado apenas pela batata. Devido ao seu baixo custo e à disponibilidade durante todo ano, seu consumo é observado em todas as classes socioeconômicas, atingindo considerável parcela da população brasileira. O tomate está sendo amplamente cultivado no Brasil, com destaque para os estados de Goiás, São Paulo, Minas Gerais, Pernambuco e Bahia, com cerca de 77% da produção anual do país (ALVES; FERNANDES; MARIN, 2008).

O tomate e seus produtos têm sido considerados alimentos com propriedades funcionais, devido ao efeito positivo do seu consumo na prevenção de doenças crônicas não transmissíveis. Esses efeitos são associados à presença de fitoquímicos antioxidantes, dentre os quais se destaca o licopeno. O tomate e seus produtos constituem a principal fonte de licopeno da dieta humana (ODRIOZOLA-SERRANO et al., 2009; PIENIZ et al., 2008).

A desidratação do tomate para a obtenção do tomate seco tem sido vista como uma importante alternativa para evitar o desperdício do excedente da produção e uma alternativa de comercialização quando a oferta de tomate *in natura* é maior que a demanda (CAMARGO; HAJ-ISA; QUEIROZ, 2007).

A produção de tomate seco vem crescendo nos últimos anos, sendo cada vez mais apreciado na culinária brasileira. Diversas pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de desenvolver técnicas que minimizem as alterações de cor, sabor, textura e perda de nutrientes e licopeno decorrentes das condições de secagem do tomate. A desidratação osmótica tem se destacado como pré-tratamento para secagem do tomate, uma vez que reduz o tempo de secagem gerando economia e melhorando as características sensoriais do produto final (CORRÊA et al., 2008; TONON; BARONI; HUBINGER, 2006).

A desidratação osmótica de alimentos consiste na remoção parcial de água pela pressão ocasionada quando se coloca o produto em contato com uma solução hipertônica de solutos (açúcar, sal ou ambos), diminuindo, assim, a atividade de água do alimento. Quando o alimento é colocado na solução hipertônica, a água passa através das paredes celulares do fruto para a solução (GOMES; CEREDA; VILPOUX, 2007; POKHARKAR; PRASAD; DAS, 1997). Sua aplicação na desidrataação do tomate pode contribuir para preservar os teores de licopeno. Porém, a utilização de solutos e concentrações diferentes pode alterar as características físicas e químicas do produto final.

Diante do exposto, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar os efeitos da aplicação da desidrataação osmótica como pré-tratamentos para a secagem de tomates nas suas características físicas, químicas e retenção de licopeno.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Obtenção e preparação das amostras**

Este trabalho foi realizado no Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, Minas Gerais. Foram utilizados, neste estudo, tomates da cultivar Bônus, produzidos em sistema orgânico no setor de horticultura da Universidade Federal de Lavras, no período de fevereiro a maio de 2009. A colheita foi realizada a partir do centésimo dia de plantio, quando os tomates estavam no estágio inicial de maturação (*breaker*). Após a colheita, os tomates foram selecionados, 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, higienizados em água clorada (200 ppm), por 15 minutos, lavados em água corrente e secos em papel toalha. Em seguida, os tomates foram cortados, à temperatura ambiente, com faca de aço inoxidável com dois cortes perpendiculares no sentido longitudinal, formando pedaços correspondentes a um quarto do tomate. As sementes foram removidas com auxílio de colher de aço inoxidável.

### **2.2 Desidratação osmótica e secagem do tomate**

A obtenção do tomate seco foi realizada utilizando duas técnicas diferentes: secagem osmoconvectiva (SOC) e secagem convectiva (SC). Na secagem osmoconvectiva, a secagem convectiva é precedida de desidratação osmótica. Os tomates foram submetidos à desidratação osmótica, por 120 minutos, como pré-tratamento para secagem convectiva dos tomates. Para realizar a desidratação osmótica, os tomates cortados e sem sementes foram

imersos em diferentes soluções, na proporção de 1:3 tomate/solução (g/mL), conforme a seguir:

SOC<sub>1</sub> (NaCl 5%)

SOC<sub>2</sub> (NaCl 10%)

SOC<sub>3</sub> (NaCl 5% + sacarose 10%)

SOC<sub>4</sub> (NaCl 10% + sacarose 5%)

SOC<sub>5</sub> (sacarose 5%)

SOC<sub>6</sub> (sacarose 10%) (p/v)

Foi realizada também desidratação osmótica a seco (SOC<sub>7</sub> NaCl e SOC<sub>8</sub> NaCl + sacarose, proporção 1:1), na qual os tomates foram coberto por uma fina camada de NaCl, isolado ou combinado com sacarose.

Após a desidratação osmótica, os tomates foram distribuídos em bandejas de aço inoxidável e levados para estufa, com circulação de ar a 65°C. As bandejas permaneceram na estufa por 12 horas, sendo as amostras retiradas e submetidas às análises físicas e químicas. Como tratamento controle, um lote de 2 kg de tomate foi submetido à secagem direta na estufa sem ser submetido à desidratação osmótica.

### **2.3 Análises físicas e químicas**

Todas as análises físicas e químicas foram determinadas nos tomates secos provenientes da secagem osmoconvectiva e convectiva e no tomate *in natura*.

### **2.3.1 Coloração**

A cor foi medida utilizando-se o colorímetro Minolta CR-400, com a determinação no sistema CIE  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , com uma placa branca padrão de cerâmica. A coordenada  $L^*$  representa a claridade da amostra, variando de 0 (totalmente preta) a 100 (totalmente branca); a coordenada  $a^*$ , com intensidade de verde a vermelho, pode variar de -80 (totalmente verde) a +100 (totalmente vermelho); a coordenada  $b^*$  pode assumir valores de -50 a +70, em que os extremos correspondem a azul e a amarelo, respectivamente. As leituras foram realizadas diretamente nos pontos centrais das superfícies interna (mesocarpo) e externa (epiderme) das fatias do tomate seco, sendo realizadas cinco leituras para cada amostra.

### **2.3.2 Umidade**

A umidade foi determinada pelo método gravimétrico com emprego de calor, de acordo com as normas da Association of Official Analytical Chemists - AOAC (1998). As amostras foram colocadas em estufa, a 105°C, até a obtenção de peso constante.

### **2.3.3 Sólidos solúveis**

O teor de sólidos solúveis (SS) foi determinado utilizando-se o refratômetro Atago, modelo N-1, homogenizando-se a amostra e transferindo-se uma ou duas gotas do material para o prisma do refratômetro, desprezando-se partículas grandes de polpa. Os resultados foram expressos em °Brix.

### 2.3.4 pH e acidez titulável

O potencial hidrogeniônico foi medido utilizando-se o pHmetro portátil marca Ingold, modelo pH206. A acidez titulável foi determinada por titulação com solução de NaOH 0,1N e com indicador fenolftaleína, de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (1985). Os resultados foram expressos em mg de ácido cítrico.100g<sup>-1</sup> do fruto.

### 2.3.5 Teor e retenção do licopeno

O teor de licopeno foi determinado segundo o método proposto por Nagata e Yamashita (1992). O licopeno foi extraído 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 foi calculada de acordo com a equação:

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

Os resultados foram transformados para serem expressos em µg.g<sup>-1</sup>.

O percentual de retenção de licopeno foi calculado de acordo com a equação

$$\%R = \frac{\text{licopeno no tomate seco } (\mu\text{g.}100\text{g}^{-1} \text{ MS})}{\text{licopeno no tomate } \textit{in natura} (\mu\text{g.}100\text{g}^{-1} \text{ MS})} \times 100$$

em que

MS = matéria seca

## 2.4 Análises estatísticas

O estudo foi realizado utilizando-se um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com três repetições, totalizando 10 tratamentos e 30 parcelas.



Para analisar os dados, foi utilizado o programa SISVAR 5.0 (FERREIRA, 2000). Os dados foram submetidos à análise de variância, complementada com o teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias da umidade de tomates *in natura* e submetidos à secagem osmoconvectiva e convectiva são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 Valores médios de umidade de tomates submetidos à secagem osmoconvectiva e convectiva e do tomate *in natura*

Tratamentos		Umidade (%)
Secagem osmo-convectiva		
SOC <sub>1</sub>	Imersos em solução de NaCl 5%	75,83 <sup>c</sup>
SOC <sub>2</sub>	Imersos em solução de NaCl 10%	71,56 <sup>d</sup>
SOC <sub>3</sub>	Imersos em solução de NaCl 5% + 10% sacarose	71,84 <sup>d</sup>
SOC <sub>4</sub>	Imersos em solução de NaCl 10% + 5% sacarose	70,35 <sup>d</sup>
SOC <sub>5</sub>	Imersos em solução de sacarose 5%	85,63 <sup>b</sup>
SOC <sub>6</sub>	Imersos em solução de sacarose 10%	79,07 <sup>c</sup>
SOC <sub>7</sub>	Cobertos com fina camada de NaCl	61,95 <sup>e</sup>
SOC <sub>8</sub>	Cobertos com fina camada de NaCl + sacarose	63,03 <sup>e</sup>
SC	Secagem convectiva (controle)	79,21 <sup>c</sup>
-	Tomates <i>in natura</i>	95,07 <sup>a</sup>
CV		3,47

SOC = secagem osmoconvectiva e SC = secagem convectiva. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade

A secagem osmoconvectiva e convectiva reduziu significativamente a umidade dos tomates, após 12 horas de secagem. A secagem osmoconvectiva foi mais efetiva que a secagem convectiva (controle), quando foram utilizadas solução de NaCl a 10%, (SOC<sub>2</sub>), soluções ternárias de NaCl + sacarose (SOC<sub>3</sub> e SOC<sub>4</sub>) e solutos sem imersão (SOC<sub>7</sub> e SOC<sub>8</sub>). Corrêa et al. (2008) observaram que a desidratação osmótica favorece a perda de umidade do tomate durante o processo de secagem. A aplicação da desidratação osmótica como pré-tratamento pode reduzir o tempo de secagem do tomate, reduzindo os custos desta etapa do processamento.

Considerando apenas a secagem osmoconvectiva, a pre-desidratação com solutos sem imersão foi mais efetiva que a pre-desidratação com imersão em soluções. É importante observar que as soluções osmóticas contendo apenas sacarose apresentaram desempenho igual (SOC<sub>6</sub>) ou inferior (SOC<sub>5</sub>) ao controle (secagem convectiva). Isso pode ocorrer devido ao fato de o açúcar formar barreira sobre a superfície do tomate, dificultando a saída de água do fruto durante a secagem (SERENO et al., 2001). Por outro lado, apesar da presença de sacarose nas soluções ternárias, estas apresentaram redução de umidade superior ao controle. A presença de NaCl inibe a formação de uma camada de açúcar na superfície do alimento, promovendo maiores taxas de desidratação (TONON; BARONI; HUBINGER, 2006).

As médias dos valores de pH, sólidos solúveis totais (SS), acidez titulável (AT) e relação SS/AT dos tomates desidratados são apresentadas na Tabela 2.

A secagem osmoconvectiva reduziu significativamente o pH do tomate em relação ao controle e ao tomate *in natura*. A pré-desidratação com NaCl sem imersão acarretou a maior redução do pH entre todos os tratamentos e a presença de sacarose contribuiu para evitar queda acentuada do pH durante a desidratação. Venske et al. (2004) encontraram média de pH igual a 3,98 e SST de 17,25°Brix para tomate desidratado a 81,6% de umidade. A redução do pH diminui a proliferação microbiana, favorecendo a conservação do produto. Os valores de pH encontrados neste estudo são semelhantes aos encontrados por Borguini (2006) para molhos e purês de tomate (pH =3,67 a 3,82).

Tabela 2 Valores médios das características físicas e químicas de tomates submetidos à secagem osmoconvectiva e convectiva e do tomate *in natura*

Tratamentos	pH	SS (°Brix)	AT (% ác. cítrico)	SS/AT
SOC <sub>1</sub>	3,91 <sup>b</sup>	18,97 <sup>d</sup>	0,70 <sup>c</sup>	27,09 <sup>b</sup>
SOC <sub>2</sub>	3,72 <sup>c</sup>	27,50 <sup>b</sup>	0,81 <sup>b</sup>	34,10 <sup>a</sup>
SOC <sub>3</sub>	3,98 <sup>b</sup>	22,00 <sup>c</sup>	0,81 <sup>b</sup>	27,31 <sup>b</sup>
SOC <sub>4</sub>	3,65 <sup>c</sup>	22,00 <sup>c</sup>	0,80 <sup>b</sup>	27,61 <sup>b</sup>
SOC <sub>5</sub>	4,02 <sup>b</sup>	14,30 <sup>d</sup>	0,70 <sup>c</sup>	19,83 <sup>c</sup>
SOC <sub>6</sub>	4,03 <sup>b</sup>	16,87 <sup>d</sup>	0,72 <sup>c</sup>	23,95 <sup>b</sup>
SOC <sub>7</sub>	3,52 <sup>d</sup>	30,80 <sup>a</sup>	0,84 <sup>a</sup>	37,17 <sup>a</sup>
SOC <sub>8</sub>	3,64 <sup>c</sup>	33,00 <sup>a</sup>	0,85 <sup>a</sup>	38,65 <sup>a</sup>
SC	4,21 <sup>a</sup>	17,60 <sup>d</sup>	0,77 <sup>b</sup>	22,85 <sup>b</sup>
Tomate <i>in natura</i>	4,14 <sup>a</sup>	5,50 <sup>e</sup>	0,38 <sup>d</sup>	14,34 <sup>c</sup>
CV	1,88	10,74	4,05	12,26

SS = sólidos solúveis, AT = acidez titulável, SOC<sub>1</sub>= NaCl 5%, SOC<sub>2</sub>=NaCl 10%, SOC<sub>3</sub>= NaCl 5%+sacarose 10%, SOC<sub>4</sub> NaCl 10%+ sacarose 5%, SOC<sub>5</sub>= sacarose 5%, SOC<sub>6</sub>= sacarose 10%, SOC<sub>7</sub>= NaCl seco, SOC<sub>8</sub>= NaCl +sacarose seco, SC = secagem convectiva. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade

A desidratação produziu aumento na concentração dos ácidos orgânicos, causando elevação significativa da acidez titulável (AT) do tomate em todos os tratamentos, comparados ao tomate *in natura* (Tabela 2). Os tomates submetidos à desidratação osmótica com solução de sacarose (SOC<sub>5</sub> e SOC<sub>6</sub>) e NaCl a 5% (SOC<sub>1</sub>) apresentaram AT significativamente menor que o controle. Já os tomates submetidos à pré-desidratação com solutos sem imersão (SOC<sub>7</sub> e SOC<sub>8</sub>) apresentaram AT significativamente maior que o controle ( $p < 0,05$ ). A AT dos tomates submetidos aos demais tratamentos não diferiu do controle. A elevação da AT promovida pela desidratação pode ser associada com a tendência de queda do pH dos tomates secos. Entretanto, a elevação da AT não foi proporcional à perda de água observada com a secagem

Todos os tratamentos promoveram aumento significativo ( $p < 0,05$ ) dos teores de sólidos solúveis (SS) dos tomates secos em relação ao tomate *in*

*natura*. Esse aumento é decorrente da perda de água durante a desidratação do tomate e da transferência de solutos durante a pré-desidratação.

Os tratamentos com secagem osmoconvectiva sem imersão (SOC<sub>7</sub> e SOC<sub>8</sub>) que produziram a maior perda de água durante a secagem também apresentaram maior teor de SS. Ao contrário dos demais tratamentos, a pré-desidratação osmótica com solução de NaCl a 5% e com soluções de sacarose a 5% e 10% apresentaram teor de SS estatisticamente igual ao do controle. Em geral, o teor de SS de tomate *in natura* varia entre 4° e 6°Brix e aumenta com a maturação do fruto (ANESE et al., 2002). É característica da produção de tomate seco a utilização de frutos completamente maduros.

Silva et al. (2010) encontraram teor de SS maior em tomates submetidos à secagem osmoconvectiva com solução de NaCl 5% + sacarose 10% (28,33 °Brix) do que com solução de NaCl a 10% (24,33 °Brix), diferente do observado neste estudo. A presença de cloreto de sódio na solução pode favorecer a incorporação de sacarose no tomate, devido ao aumento da permeabilidade da membrana celular, decorrente das alterações físicas provocadas pelo cloreto de sódio (TONON; BARONI; HUBINGER, 2006). A elevação dos teores de SS não foi totalmente proporcional à redução de umidade dos tomates, indicando que ocorreu transferência de solutos durante a desidratação osmótica.

A relação SS/AT, que tem papel determinante no sabor do tomate, aumentou significativamente em relação ao tomate *in natura*, exceto para o tratamento com solução de sacarose a 5%. Porém, apenas os tratamentos com secagem osmoconvectiva sem imersão (SOC<sub>7</sub> e SOC<sub>8</sub>) e com imersão em solução de cloreto de sódio a 10% (SOC<sub>2</sub>) produziram aumento significativo da relação SS/AT em relação ao controle (SC). Quanto maior essa relação mais doce é o fruto (VENSKE et al., 2004). Os tomates *in natura* com relação SS/AT entre 12 e 18 apresentam maior aceitação para o consumo (OKADA et al., 1997). Segundo Lisiewska e Kmiecik (2000), valores de relação SS/AT maior

que 10 indicam ótima combinação entre açúcar e acidez, estando correlacionada com sabor suave. Todos os tomates secos e o tomate *in natura* apresentaram relação SS/AT acima de 10. Cabe lembrar que o tomate seco em conserva terá o sabor influenciado pela mistura de óleos e condimentos utilizados para elaborar a conserva. Em geral, utilizam-se misturas de azeite de oliva e óleo de soja ou de girassol, com adição de condimentos como alho, sal e orégano.

Os teores e os percentuais médios de retenção do licopeno nos tomates submetidos à secagem osmoconvectiva e convectiva e do tomate *in natura* são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 Valores médios do teor e retenção percentual de licopeno de tomates submetidos à secagem osmoconvectiva e convectiva e do tomate *in natura*

Tratamentos	Licopeno ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ MI)	Licopeno ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ MS)	Retenção de licopeno (%)
SOC <sub>1</sub>	105,34 <sup>b</sup>	435,83 <sup>a</sup>	97,53 <sup>b</sup>
SOC <sub>2</sub>	96,03 <sup>c</sup>	353,76 <sup>c</sup>	80,50 <sup>d</sup>
SOC <sub>3</sub>	107,87 <sup>b</sup>	383,05 <sup>b</sup>	85,72 <sup>c</sup>
SOC <sub>4</sub>	80,54 <sup>e</sup>	271,64 <sup>d</sup>	60,78 <sup>e</sup>
SOC <sub>5</sub>	67,83 <sup>f</sup>	472,02 <sup>a</sup>	105,57 <sup>a</sup>
SOC <sub>6</sub>	92,30 <sup>c</sup>	441,00 <sup>a</sup>	98,65 <sup>b</sup>
SOC <sub>7</sub>	93,56 <sup>c</sup>	245,69 <sup>d</sup>	54,98 <sup>f</sup>
SOC <sub>8</sub>	126,87 <sup>a</sup>	343,16 <sup>c</sup>	76,79 <sup>d</sup>
SC	67,28 <sup>f</sup>	328,92 <sup>c</sup>	73,60 <sup>d</sup>
Tomate <i>in natura</i>	22,03 <sup>g</sup>	446,85 <sup>a</sup>	100,00
CV	4,70	5,42	3,83

MI = matéria integral, MS = matéria seca, SOC<sub>1</sub>= NaCl 5%, SOC<sub>2</sub>=NaCl 10%, SOC<sub>3</sub>= NaCl 5%+sacarose 10%, SOC<sub>4</sub> NaCl 10%+ sacarose 5%, SOC<sub>5</sub> = sacarose 5%, SOC<sub>6</sub> = sacarose 10%, SOC<sub>7</sub> = NaCl seco, SOC<sub>8</sub>= NaCl +sacarose seco, SC = secagem convectiva. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade

A remoção da água pelos processos de secagem osmoconvectiva e convectiva acarretou aumento significativo ( $p<0,05$ ) da concentração do teor de licopeno nos tomates secos comparados aos tomates *in natura*. O aumento variou de 3,1 a 5,8 vezes. Muratore et al. (2008) verificaram aumento de 2,8 a

3,5 vezes do teor de licopeno em tomates desidratados. Vários estudos têm mostrado maior teor de licopeno no tomate desidratado em relação ao tomate *in natura* (MURATORE et al., 2008; SHEN; CHEN; WANG, 2007; TOOR; SAVAGE; HEEB, 2006). Segundo Mayeaux et al. (2006), 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 licopeno (PERIAGO et al., 2007).

Os tomates submetidos à secagem osmoconvectiva com imersão em soluções com sacarose (SOC<sub>5</sub> e SOC<sub>6</sub>) ou NaCl 5% apresentaram retenção média do licopeno significativamente maior que os demais tratamentos. Foi observado também que o aumento do teor de cloreto sódico nas soluções osmóticas diminuiu a retenção de licopeno, enquanto o aumento do teor de sacarose nas soluções ternárias elevou a retenção. Outros autores também encontraram maior retenção de licopeno em tomates submetidos à desidratação osmótica com soluções contendo sacarose (TONON; BARONI; HUBINGER, 2007). De acordo como Shi et al. (1999), o açúcar penetra na matriz celular e aumenta a força de ligação do licopeno com a matriz celular diminuindo a oxidação do licopeno.

O tratamento com 5% de sacarose apresentou percentual de retenção de licopeno acima de 100%. Isto é possível porque, no tomate fresco, o licopeno encontra-se ligado a componentes da matriz celular, dificultando sua extração (RODRIGUES-AMAYA, 1999).

A desidratação osmótica pode ser utilizada como primeiro passo na secagem de tomates, pois contribui para remover a água e para preservar o teor de licopeno e a cor, que é o atributo de qualidade mais importante desse fruto (MANDALA; ANAGNOSTARAS; OIKONOMOU, 2005). Sanjinez-Argandon

et al. (2005) verificaram que a utilização da desidratação osmótica como pré-tratamento no processo de secagem de goiabas melhorou a qualidade final do produto, aumentando a retenção de vitamina C e de carotenoides. Esses resultados foram atribuídos à redução da oxidação do produto decorrente da formação de uma camada de açúcar na superfície da goiaba, reduzindo o contato com o oxigênio (SHI et al., 1999). Os resultados observados no presente estudo mostram que a retenção de licopeno é favorecida apenas com as soluções osmóticas com NaCl a 5% e NaCl a 5% + sacarose a 10% (SOC<sub>1</sub> e SOC<sub>3</sub>), e sacarose a 5% ou 10% (SOC<sub>5</sub> e SOC<sub>6</sub>). A pré-desidratação com NaCl sem imersão promoveu retenção de licopeno inferior à do controle.

Os valores médios dos parâmetros de cor L\*, a\* e b\* dos tomates secos e *in natura* medidos nas superfícies internas e externas das fatias são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 Valores médios e respectivos desvios padrões dos parâmetros de cor L\*, a\* e b\*, em tomates submetidos à secagem osmoconvectiva e convectiva e do tomate *in natura*

Tratamentos	Parede interna			Parede externa		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
SOC <sub>1</sub>	36,85 <sup>b</sup>	23,60 <sup>b</sup>	11,33 <sup>b</sup>	37,40 <sup>a</sup>	25,77 <sup>b</sup>	15,41 <sup>b</sup>
SOC <sub>2</sub>	37,43 <sup>b</sup>	29,26 <sup>a</sup>	15,34 <sup>a</sup>	39,15 <sup>a</sup>	26,19 <sup>b</sup>	17,04 <sup>b</sup>
SOC <sub>3</sub>	32,81 <sup>c</sup>	27,61 <sup>a</sup>	14,15 <sup>a</sup>	36,60 <sup>b</sup>	25,39 <sup>b</sup>	17,71 <sup>b</sup>
SOC <sub>4</sub>	38,12 <sup>b</sup>	27,11 <sup>a</sup>	14,87 <sup>a</sup>	36,05 <sup>b</sup>	28,79 <sup>b</sup>	22,20 <sup>a</sup>
SOC <sub>5</sub>	38,50 <sup>a</sup>	23,26 <sup>b</sup>	14,46 <sup>a</sup>	35,88 <sup>b</sup>	27,10 <sup>b</sup>	20,74 <sup>a</sup>
SOC <sub>6</sub>	36,83 <sup>b</sup>	28,76 <sup>a</sup>	15,20 <sup>a</sup>	35,47 <sup>d</sup>	25,88 <sup>b</sup>	18,32 <sup>b</sup>
SOC <sub>7</sub>	39,68 <sup>a</sup>	30,52 <sup>a</sup>	17,88 <sup>a</sup>	37,98 <sup>a</sup>	30,72 <sup>a</sup>	20,95 <sup>a</sup>
SOC <sub>8</sub>	39,40 <sup>a</sup>	29,41 <sup>a</sup>	16,33 <sup>a</sup>	37,77 <sup>a</sup>	34,76 <sup>a</sup>	23,17 <sup>a</sup>
SC	39,78 <sup>a</sup>	21,19 <sup>b</sup>	9,61 <sup>b</sup>	39,43 <sup>a</sup>	23,53 <sup>b</sup>	14,15 <sup>b</sup>
Tomate <i>in natura</i>	33,95 <sup>c</sup>	20,23 <sup>b</sup>	9,68 <sup>b</sup>	37,38 <sup>a</sup>	26,78 <sup>b</sup>	26,06 <sup>a</sup>
CV	4,82	5,39	3,97	4,82	12,70	13,97

SOC<sub>1</sub>= NaCl 5%, SOC<sub>2</sub> = NaCl 10%, SOC<sub>3</sub> = NaCl 5%+sacarose 10%, SOC<sub>4</sub> NaCl 10%+ sacarose 5%, SOC<sub>5</sub> = sacarose 5%, SOC<sub>6</sub> = sacarose 10%, SOC<sub>7</sub> = NaCl seco, SOC<sub>8</sub> = NaCl +sacarose seco, SC = secagem convectiva. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade



Para tomates, a cor é o principal fator de decisão de compra utilizado pelo consumidor (CAMELO; GOMEZ, 2004). Os parâmetros  $L^*$  e  $a^*$  apresentaram variação significativa, principalmente na parede interna dos tomates. Enquanto o parâmetro  $L^*$  apresentou tendência de aumento na parede interna, exceto para o tratamento com solução de NaCl a 5% + sacarose a 10% ( $SOC_3$ ), na parede externa, esse parâmetro permaneceu estável para a maioria dos tratamentos. A pré-desidratação com soluções contendo sacarose apresentou redução significativa do parâmetro  $L^*$  em relação ao tomate *in natura*. Essas alterações de cor na parede interna podem estar relacionadas à maior exposição dessa parte das fatias do tomate durante o processo de secagem. Ao contrário, na parede externa dos tomates, provavelmente, a proteção exercida pela presença da cutícula minimiza as trocas de solutos e o contato com agentes oxidantes.

Foi observado aumento significativo do parâmetro  $b^*$  para todos os tratamentos na parede interna, exceto para a pré-desidratação com NaCl a 5%. Esse fato pode estar relacionado ao possível aumento dos isômeros *cis*, que conferem tons mais alaranjados ao tomate. Ao contrário, na parede externa, os valores de  $b^*$  apresentaram redução significativa para a maioria dos tratamentos ( $SOC_1$ ,  $SOC_2$ ,  $SOC_3$ ,  $SOC_6$  e  $SC$ ). Segundo Heredia et al. (2010), o aparecimento de tons alaranjados em tomates desidratados está relacionado à presença de isômeros *cis*. Shi et al. (1999) não observaram diferença significativa na claridade de tomates secos em sistema a vácuo a 55°C com pré-desidratação osmótica com tomates frescos. Os mesmos autores encontraram valores de  $L^*$  iguais a 36,7 e a 38,4, respectivamente. Silva et al. (2010) observaram aumento dos valores  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  em tomates submetidos à secagem osmoconvectiva com soluções osmóticas de NaCl 10% e NaCl 5% + sacarose 10%, tendo a solução contendo sacarose preservado melhor os parâmetros de cor.

#### 4 CONCLUSÕES

O aumento da remoção de água do tomate decorrente da utilização da desidratação osmótica como pré-tratamento para secagem convectiva do tomate é dependente das concentrações e dos tipos de solutos utilizados.

O aumento da concentração de cloreto de sódio nas soluções binárias prejudica a retenção de licopeno. Ao contrário, o acréscimo de sacarose às soluções ternárias de cloreto de sódio e sacarose favorece a retenção de licopeno.

A secagem osmoconvectiva sem imersão foi mais eficiente para remoção de água e menos eficiente para retenção da cor e licopeno.

Considerando remoção de água, retenção de licopeno e preservação da cor, a secagem osmoconvectiva com soluções de cloreto de sódio a 5% e ou sacarose a 10% apresentaram os melhores resultados.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, S. M. F.; FERNANDES, P. M.; MARIN, J. O. B. Condições de trabalho associadas ao uso de agrotóxicos na cultura de tomate de mesa em goiás. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1737-1742, nov./dez. 2008.
- ANESE, M. et al. Effect of equivalent thermal treatments on the color and the antioxidant activity of tomato purees. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 67, n. 9, p. 3442-3446, Sept. 2002.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of the Association of the Agricultural Chemists**. Washington, 1998. 1094 p.
- BORGUINI, R. G. **Avaliação do potencial antioxidante e de algumas características físico-químicas do tomate (*Lycopersicon esculentum*) orgânico em comparação ao convencional**. 2006. 178 p. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- 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.
- CAMELO, A. F. L.; GÓMEZ, P. A. Comparison of color indexes for tomato ripening. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 534-537, maio/jun. 2004.
- CORRÊA, J. L. G. et al. Desidratação osmótica de tomate seguida de secagem. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 35-42, 2008.
- FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.
- GOMES, A. T.; CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. Desidratação osmótica: uma tecnologia de baixo custo para o desenvolvimento da agricultura familiar. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, v. 3, n. 3, p. 212-226, 2007.

HEREDIA, A. et al. Effect of osmotic pré-treatment and microwave heating on lycopene degradation and isomerization in cherry tomato. **Food Chemistry**, London, v. 123, n. 1, p. 92-98, Jan. 2010.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo, 1985. v. 1, 371 p.

LISIEWSKA, S.; KMIECIK, W. Effect of storage period and temperature on the chemical composition and organoleptic quality of frozen tomato cubes. **Food Chemistry**, London, v. 70, n. 2, p. 167-173, Aug. 2000.

MANDALA, I. G.; ANAGNOSTARAS, E. F.; OIKONOMOU, C. K. Influence of osmotic dehydration conditions on apple air-drying kinetics and their quality characteristics. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 69, n. 3, p. 307-316, Mar. 2005.

MAYEAUX, M. et al. Effects of cooking conditions on the lycopene content in tomatoes. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 71, n. 8, p. 461-464, Aug. 2006.

MURATORE, G. et al. Partial dehydration of cherry tomato at different temperature and nutritional quality of the products. **Food Chemistry**, London, v. 111, n. 4, p. 887-891, Dec. 2008.

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

ODRIOZOLA-SERRANO, I. et al. Carotenoid and phenolic profile of tomato juices processed by high intensity pulsed electric fields compared with conventional thermal treatments. **Food Chemistry**, London, v. 112, n. 1, p. 258-266, Jan. 2009.

OKADA, M. et al. Fundamentos sobre a secagem de sólidos. In: \_\_\_\_\_. **Desidratação de frutas e hortaliças: manual técnico**. Brasília: EMBRAPA, 1997. p. 1-29.

PERIAGO, M. J. et al. Detection of key factors in the extraction and quantification of lycopene from tomato and tomato products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 55, n. 22, p. 8825-8829, Oct. 2007.

PIENIZ, S. et al. Avaliação *in vitro* do potencial antioxidante de frutas e hortaliças. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 552-559, mar./abr. 2009.

POKHARKAR, S. M.; PRASAD, S.; DAS, H. A. Model for osmotic concentration of bananas slices. **Journal Food Science and Technology**, Mysore, v. 34, n. 3, p. 230-232, Sept. 1997.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Latin American food sources of carotenoids. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 49, n. 3, p. 74-84, 1999.

SANJINEZ-ARGANDON, A. E. J. et al. Evaluation of total carotenoids and ascorbic acid in osmotic pretreated guavas during convective drying. **Italian Journal of Food Science**, Pinerolo, v. 17, n. 3, p. 305-314, 2005.

SERENO, A. M. et al. Prediction of water activity of osmotic solutions. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 49, n. 2/3, p. 103-114, Aug. 2001.

SHEN, Y. C.; CHEN, S. L.; WANG, C. K. Contribution of tomato phenolics to antioxidation and down-regulation of blood lipids. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 55, n. 16, p. 6475-6480, Aug. 2007.

SHI, J. et al. Lycopene degradation and isomerization in tomato dehydration. **Food Research International**, Barking, v. 32, n. 1, p. 15-21, Jan. 1999.

SILVA, V. K. L. et al. Efeito da pressão osmótica no processamento e avaliação da vida de prateleira de tomate seco. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 55-66, jan./mar. 2010.

TONON, R. V.; BARONI, A. F.; HUBINGER, M. D. Estudo da desidratação osmótica de tomate em soluções ternárias pela metodologia de superfície de resposta. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 715-723, jul./set. 2006.

\_\_\_\_\_. Osmotic dehydration of tomato in ternary solutions: influence of process variables on mass transfer kinetics and an evaluation of the retention of carotenoids. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 82, n. 4, p. 509-517, Oct. 2007.

TOOR, R. K.; SAVAGE, G. P.; HEEB, A. Influence of different types of fertilisers on the major antioxidant components of tomatoes. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 19, n. 1, p. 20-27, Feb. 2006.

VENSKE, C. et al. Influência do grau de maturação nas características sensoriais de tomate seco envasado em óleo. **Publicatio UEPG Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, Ponta Grossa, v. 10, n. 3, p. 33-40, dez. 2004.

### CAPÍTULO 3

#### **Avaliação do potencial antioxidante e características físicas e químicas de tomates cultivados em sistema orgânico e convencional submetidos a diferentes técnicas de secagem**

##### **RESUMO**

A produção de tomate seco tem sido considerada uma alternativa importante para reduzir as perdas pós-colheita e agregar valor ao tomate. A desidratação osmótica tem sido aplicada como pré-tratamento para secagem do tomate, visando reduzir as alterações químicas e físicas do produto final. Este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o potencial antioxidante de tomates cultivados em sistema orgânico e convencional submetidos à secagem osmoconvectiva (com pré-desidratação osmótica) e convectiva (sem pré-desidratação osmótica). Os tomates foram desidratados em solução osmótica de cloreto de sódio a 5% (p/v) e submetidos à secagem em estufa com circulação de ar, a 65°C, até atingir umidade de 65% ou submetidos à secagem convectiva sem pré-desidratação. Foram determinados pH, acidez titulável (AT), teor de sólidos solúveis (SS), relação SS/AT, licopeno,  $\beta$ -caroteno, compostos fenólicos, vitamina C e atividade antioxidante, pelos métodos do DPPH e sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico. A secagem do tomate acarretou redução do pH e aumento da AT e do teor de SS. O processo de secagem dos tomates acarretou significativas perdas de compostos fenólicos, vitamina C e  $\beta$ -caroteno. O licopeno apresentou-se estável durante a secagem. O tomate convencional apresentou maiores valores de compostos antioxidantes e de atividade antioxidante que o tomate orgânico. A secagem osmoconvectiva preservou melhor os compostos antioxidantes durante a secagem. Apesar da degradação de compostos antioxidantes durante a secagem, a atividade antioxidante do tomate no produto final (tomate seco) foi igual ou maior que a do tomate *in natura*, mostrando que as concentrações dos compostos antioxidantes devido à remoção de água durante a secagem sobrepõem-se às perdas. O tomate seco apresenta alto potencial antioxidante e a secagem osmoconvectiva contribui para preservar os compostos antioxidantes durante a secagem.

Palavras-chave: Tomate seco. Atividade antioxidante. Desidratação osmótica.

## ABSTRACT

The production of dried tomato has been considered as an important alternative to reduce the postharvest losses and to aggregate value to the tomato. The osmotic dehydration has been applied as a pre-treatment for drying of the tomato seeking to reduce the chemical and physical alterations of the final product. The objective of this study was to evaluate the antioxidant potential of tomatoes cultivated under organic and conventional system submitted osmo-convective (with osmotic pre-dehydration) and convective (without osmotic pre-dehydration) drying. The tomatoes were dehydrated in an osmotic solution of 5% (p/v) sodium chloride and submitted oven-drying with air circulation at 65°C to reach 65% humidity or submitted convective drying without pre-dehydration. The following were determined: pH, titratable acidity (TTA), soluble solid levels(SS), SS/AT ratio, lycopene,  $\beta$ -carotene, phenolic compounds, vitamin C and antioxidant activity by the DPPH methods and  $\beta$ -carotene/linoleic acid system. The drying of the tomato led to reduction of the pH, and an increase of the TA and SS level. The tomato drying process led to significant losses of phenolic compounds, vitamin C and  $\beta$ -carotene. The lycopene presented as stable during the drying. The conventional tomato presented higher antioxidant compound and antioxidant activity values than the organic tomato. The osmo-convective drying preserved the antioxidant compounds better during the drying. In spite of the degradation of antioxidant compounds during drying, the antioxidant activity of the tomato in the final product (dried tomato) was equal to or higher than the tomato *in natura*, showing that the concentrations of the antioxidant compounds, due to removal of water during the drying, outweigh the losses. The dried tomato presents high antioxidant potential and the osmo-convective drying contributed to preserve the antioxidant compounds during the drying.

Keywords: Dried tomato. Antioxidant activity. Osmotic dehydration.



## 1 INTRODUÇÃO

O tomate, fruto do tomateiro (*Lycopersicon esculentum*, Mill), é uma hortaliça rica em compostos antioxidantes, como ácido ascórbico, compostos fenólicos e carotenoides, como o licopeno. Devido a esta característica, o tomate e seus produtos são considerados alimentos funcionais e em diversos estudos tem sido mostrado que o consumo de tomates e derivados pode reduzir o risco de desenvolver doenças crônicas não transmissíveis, como as cardiovasculares e alguns tipos de cânceres, principalmente de próstata (HEREDIA et al., 2010).

A agricultura orgânica tem sido introduzida como forma de cultivo sustentável, gerando produtos mais saudáveis. Apesar de muitos estudos mostrarem que o tomate cultivado em sistema orgânico apresenta melhor qualidade, quando comparado ao tomate cultivado em sistema convencional, ainda persistem contróversias sobre o assunto, pois em outros estudos não se conseguiu identificar essas diferenças (BORGUINI, 2006).

A produção de tomate seco vem crescendo nos últimos anos, e ele vem sendo cada vez mais apreciado na culinária brasileira. A qualidade do tomate seco é influenciada pelas condições de secagem escolhidas pelo produtor. Algumas pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de desenvolver técnicas que minimizem as alterações de cor, sabor, textura e perda de nutrientes e compostos antioxidantes decorrentes do processo de secagem do tomate. Neste contexto, a desidratação osmótica tem se destacado como pré-tratamento para secagem do tomate, uma vez que reduz o tempo de secagem, gerando economia e melhora das características sensoriais do produto final (FAGUNDES et al., 2005).

Dentre os compostos antioxidantes presentes no tomate, destaca-se o licopeno, que corresponde a mais de 80% dos carotenoides do tomate vermelho maduro. O licopeno é um carotenoide sem atividade de vitamina, constituído por

40 átomos de carbono e 56 de hidrogênio, formando uma cadeia acíclica altamente insaturada com 11 duplas ligações conjugadas e 2 não conjugadas. Dentre os carotenoides conhecidos, o licopeno é considerado o que possui maior capacidade sequestrante do oxigênio singlete (MORITZ; TRAMONTE, 2006; SHAMI; MOREIRA, 2004).

O processamento térmico pode afetar significativamente o teor das substâncias antioxidantes presentes no tomate, podendo reduzir seus efeitos benéficos à saúde humana. O efeito da desidratação sobre os componentes antioxidantes do tomate e sua atividade antioxidante vai depender das condições de tempo, temperatura, exposição à luz e oxigênio utilizadas na secagem (MAYEAUX et al., 2006; SHI et al., 1999). Considerando o potencial benéfico do tomate, é fundamental conhecer os efeitos de diferentes técnicas de secagem sobre os compostos antioxidantes do tomate para escolher as condições que melhor conservem o seu potencial antioxidante.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o potencial antioxidante de tomates cultivados em sistema orgânico e convencional submetidos à desidratação osmoconvectiva e convectiva.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

Este trabalho foi realizado no Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, Minas Gerais.

### **2.1 Obtenção e preparação das amostras**

Os tomates da cultivar Bônus foram adquiridos de um produtor da cidade de Lavras, MG, que realizou o cultivo em sistema convencional e orgânico, ou seja, sem uso de defensivos agrícolas e adubos químicos, com características de produto orgânico, sendo a colheita realizada a partir do centésimo dia de plantio. Após a colheita, os tomates foram selecionados, considerando tamanho e ausência de injúrias, lavados em água corrente para eliminar as sujidades e armazenados em temperatura ambiente até completar o amadurecimento atingindo coloração vermelho intensa em todo o fruto, que corresponde à condição adequada para produção de tomate seco.

Os tomates foram divididos em quatro lotes de 4,5 kg (dois lotes de tomate orgânico e dois de tomate convencional), higienizados em água clorada (200 ppm), por 15 minutos e secos em papel toalha. Em seguida, foram cortados, à temperatura ambiente, com faca de aço inoxidável, no sentido longitudinal, com dois cortes perpendiculares, formando pedaços correspondentes a um quarto do tomate. As sementes foram removidas manualmente, com auxílio de colher de aço inoxidável.

### **2.2 Desidratação osmótica do tomate**

Um lote de 4,5 kg de tomate orgânico e convencional foi dividido em triplicata (1,5kg cada) e submetido à desidratação osmótica em solução de

cloreto de sódio a 5% (p/v), por 120 minutos, como pré-tratamento para secagem. Essas condições de desidratação osmótica foram selecionadas conforme resultados obtidos em estudo prévio (capítulo 2). Os tomates cortados e sem sementes foram imersos na solução de cloreto de sódio a 5%, na proporção de 1:3 tomate/solução (g/mL). O outro lote foi reservado para secagem direta.

### **2.3 Secagem do tomate**

Os tomates submetidos à desidratação osmótica foram distribuídos em bandejas de aço inoxidável e levados para estufa com circulação de ar, a 65°C. O outro lote de 4,5 kg de tomate orgânico e convencional foi dividido em triplicata (1,5 kg) e levado para a secagem direta em estufa, a 65°C, sem ter sido submetido à desidratação osmótica. As bandejas permaneceram na estufa até atingir aproximadamente 65% de umidade. Em seguida, os tomates foram envasados em recipiente de vidro (capacidade 230 g), sendo adicionados aproximadamente 150 g de tomate seco e o volume do recipiente foi completado com mistura de óleo de girassol e azeite de oliva extravirgem (80:20, v/v). O produto envasado foi tratado termicamente, por 20 minutos, em água em ebulição (FAGUNDES et al., 2005). Após o resfriamento, o produto foi armazenado sob refrigeração por 30 dias, sendo, então, realizadas as análises químicas.

### **2.4 Análises físicas e químicas**

Os tomates secos em conserva foram colocados em peneiras, por 10 minutos, para escorrer o excesso de óleo presente na conserva. Em seguida, foram homogeneizados por 1 minuto, utilizando-se microprocessador e obtendo-

se uma massa homogênea que foi utilizada para realizar as análises. Foram realizadas quatro replicatas para cada amostra de todas as análises químicas.

#### 2.4.1 Umidade

O ponto final de desidratação (umidade igual a 65%) foi determinado utilizando-se a seguinte fórmula, de acordo com Camargo (2003):

$$Pf = Pi \cdot (100 - U_i) / 100 - U_f$$

em que

Pf = peso final para que o produto tenha a umidade desejada

Pi = peso inicial da amostra

U<sub>i</sub> = umidade inicial

U<sub>f</sub> = umidade final desejada

A umidade inicial dos tomates (*in natura*) e a umidade real dos tomates secos foram determinadas pelo método gravimétrico, com emprego de calor, de acordo com as normas da Association of Official Analytical Chemists - AOAC (1998). As amostras foram colocadas em estufa, a 105°C, até a obtenção de peso constante.

#### 2.4.2 Sólidos solúveis

O teor de sólidos solúveis totais foi determinado utilizando-se o refratômetro Atago, modelo N-1, homogeneizando-se a amostra e transferindo-se uma ou duas gotas do material para o prisma do refratômetro, desprezando-se partículas grandes de polpa. Os resultados foram expressos em °Brix.

### 2.4.3 pH e acidez titulável

O potencial hidrogeniônico foi medido utilizando-se o pHmetro portátil marca Ingold, modelo pH206. A acidez titulável foi determinada por titulação com solução de NaOH 0,1N e com indicador fenolftaleína, de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (1985). Os resultados foram expressos em mg de ácido cítrico.100g<sup>-1</sup> do fruto.

### 2.4.4 Teor de licopeno e beta caroteno

O teor de licopeno e β-caroteno foram determinados segundo o método proposto por Nagata e Yamashita (1992). Os carotenoides foram extraídos utilizando-se uma mistura de acetona e hexano (4:6, v/v). Os extratos foram submetidos à leitura em espectrofotômetro em diferentes comprimentos de onda (453, 505, 645 e 663nm) e a concentração de licopeno e de β-caroteno foi calculada de acordo com as equações:

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

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

Os resultados foram transformados para serem expressos em μg.g<sup>-1</sup>.

### 2.4.5 Vitamina C

O teor de vitamina C foi determinado pelo método colorimétrico com 2,4 dinitrofenilhidrazina, conforme Strohecker e Henning (1967). A leitura foi realizada em espectrofotômetro Beckman 640 B, com sistema computadorizado e os resultados foram expressos em mg.100g de polpa<sup>-1</sup>.

#### 2.4.6 Compostos fenólicos

Para a extração dos compostos fenólicos, foram pesados 5 g de amostra, às quais foram adicionados 40 mL de álcool metílico 50%. Essa mistura foi homogeneizada por 2 minutos e deixada em repouso por 1 hora, à temperatura ambiente, protegida da luz. Após esse período, a mistura foi centrifugada, a 23.713 g, por 17 minutos. O sobrenadante foi coletado e foram adicionados 40 mL de acetona 70% ao resíduo. Este foi homogeneizado por 2 minutos e deixado em repouso por 1 hora. Em seguida, centrifugou-se, a 23.713 g, por 17 minutos. O sobrenadante foi coletado, adicionado ao primeiro sobrenadante e o volume foi completado para 100 mL com água destilada.

O teor de fenólicos totais foi determinado pelo método proposto por Waterhouse (2002), empregando-se o reagente de Folin-Ciocalteu. Em resumo, 0,5 mL de extrato 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 fenólicos foi medida espectrofotometricamente, 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 ( $\text{mgEAG} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ).

#### 2.4.7 Retenção de compostos antioxidantes

O percentual de retenção de compostos antioxidantes (licopeno,  $\beta$ -caroteno, compostos fenólicos e vitamina C) foi calculado de acordo com a equação:

$$\%R = \frac{\text{Teor do composto no tomate seco } (\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1} \text{ MS})}{\text{Teor do composto antioxidante no tomate } \textit{in natura} (\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1} \text{ MS})} \times 100$$

Teor do composto antioxidante no tomate *in natura* ( $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$  MS)

Onde:

MS = matéria seca

#### 2.4.8 Atividade antioxidante *in vitro*

A atividade antioxidante total (AAT) dos tomates secos e *in natura* foi determinada utilizando-se dois métodos: método do sequestro do radical 2,2-difenil, 1picril-hidrazil (DPPH) e método do sistema ácido linoleico/ $\beta$ -caroteno.

Para determinar a atividade antioxidante total, foram preparados dois extratos correspondentes à porção hidrofílica e hidrofóbica das amostras. Para a obtenção do extrato hidrofílico, foram pesados 5 g das amostras homogeneizadas, às quais foram adicionados 40 mL de álcool metílico 50%. Essa mistura foi homogeneizada e deixada em repouso por 1 hora, à temperatura ambiente. Após este período, a mistura foi centrifugada, a 23.723 g, por 17 minutos. O sobrenadante foi coletado e foram adicionados 40 mL de acetona 70% ao resíduo. Este foi homogeneizado e deixado em repouso por 1 hora. Em seguida, centrifugou-se, a 23.713 g, por 17 minutos. O sobrenadante foi coletado, adicionado ao primeiro sobrenadante e o volume foi completado para 100 mL com água destilada. Para obter o extrato hidrofóbico, foram adicionados 40 mL de éter etílico ao resíduo do extrato hidrofílico. A mistura foi



homogeneizada e colocada em repouso por 1 hora, à temperatura ambiente. Em seguida, a mistura foi centrifugada, a 23.713 g, por 17 minutos e o sobrenadante coletado. O procedimento foi repetido e o volume final completado para 100 mL, com éter etílico. Todo procedimento foi realizado protegido da luz.

A determinação da AAT pelo método do sequestro do radical DPPH foi realizada de acordo com metodologia proposta por Rufino et al. (2007), 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<sup>-1</sup> 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 µmol.100g<sup>-1</sup> de capacidade antioxidante equivalente ao Trolox (µmolTEAC.100g<sup>-1</sup>).

Para determinar a AAT pelo método sistema β-caroteno/ácido linoleico, adotaram-se os procedimentos propostos por Rufino et al. (2006). Foram adicionados 0,4 mL de cada extrato das amostras ou do antioxidante padrão (Trolox [0,2mg.mL<sup>-1</sup>] a 5 mL de solução sistema (β-caroteno + ácido linoleico + Tween 40 + água oxigenada), sendo as leituras realizadas nos tempos 2 minutos e 120 minutos, em espectrofotômetro, a 470nm e os resultados expressos em percentual de inibição da oxidação do β-caroteno (%I).

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

Ac = absorbância inicial do controle – absorbância final do controle

Am = absorbância inicial da amostra – absorbância final da amostra

## 2.5 Análises estatísticas

O estudo foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com quatro repetições, totalizando 8 tratamentos e 32 parcelas. Os dados foram analisados em esquema fatorial 2x3, utilizando o programa SISVAR 5.0

(FERREIRA, 2000). 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 valores médios de umidade, pH, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS) e relação sólidos solúveis/acidez titulável (SS/AT) de tomates secos em conserva e *in natura* cultivados em sistema orgânico e convencional são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 Valores médios de umidade, pH, acidez, sólidos solúveis e razão sólidos solúveis/acidez de tomates secos em conserva e *in natura* cultivados em sistema orgânico e convencional

Tratamentos	Umidade (%)	pH	AT (% ácido cítrico)	SS (°Brix)	SS/AT
Orgânico					
IN	95,57 <sup>a</sup>	4,35 <sup>a</sup>	0,39 <sup>b</sup>	5,01 <sup>b</sup>	11,14 <sup>a,b</sup>
SOC	63,93 <sup>b</sup>	4,20 <sup>a</sup>	1,34 <sup>a</sup>	24,00 <sup>a</sup>	17,99 <sup>a</sup>
SC	64,27 <sup>b</sup>	4,18 <sup>a</sup>	2,01 <sup>a</sup>	20,45 <sup>a</sup>	10,21 <sup>b</sup>
Convencional					
IN	94,93 <sup>a</sup>	4,41 <sup>a</sup>	0,46 <sup>b</sup>	4,77 <sup>a</sup>	12,45 <sup>a</sup>
SOC	63,58 <sup>b</sup>	4,13 <sup>b</sup>	1,48 <sup>a</sup>	26,95 <sup>b</sup>	18,26 <sup>a</sup>
SC	64,00 <sup>b</sup>	4,14 <sup>b</sup>	1,76 <sup>a</sup>	20,92 <sup>b</sup>	11,91 <sup>a</sup>
Fonte de variação					
SCu x IN	ns	ns	ns	ns	ns
SCu x SOC	ns	ns	ns	ns	ns
SCu x SC	ns	ns	ns	ns	ns

IN = *in natura*, SOC = secagem osmoconvectiva, SC = secagem convectiva e SCu = sistema de cultivo. Médias seguidas da mesma letra na coluna dentro de cada sistema de cultivo não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ns = não significativo a 5% de probabilidade

O teor de umidade inicial e final foi igual para os tomates cultivados nos sistemas orgânico e convencional. O tempo médio de secagem foi maior para os tomates que não foram submetidos à secagem convectiva (sem desidratação osmótica) (convencional 16 horas e 30 minutos e orgânico = 16 horas) em relação aos tomates submetidos à secagem osmoconvectiva (com desidratação

osmótica) (convencional = 13 horas e 30 minutos e orgânico = 14 horas e trinta minutos).

As variáveis pH, AT, SS e relação SS/AT não apresentaram diferenças significativas em relação ao sistema de cultivo (Tabela 1). Os valores de pH foram inferiores a 4,5 para todos os tratamentos, o que favorece a conservação do produto (MONTEIRO et al., 2008; VENSKE et al., 2004). A secagem do tomate convencional acarretou redução significativa do pH, apenas no tomate convencional, não havendo diferenças entre os tipos de secagem. Borguini (2006) encontrou valores de pH iguais a 4,16 e 4,09 para tomates *in natura* cultivados em sistema convencional e orgânico. A autora observou valores de pH significativamente maiores para molhos e purês de tomate orgânico em relação ao tomate convencional. Silva et al. (2010) encontraram valores de pH entre 4,05 e 4,13, em tomates submetidos à secagem osmoconvectiva.

A secagem do tomate aumentou significativamente o percentual de AT e SS no tomate orgânico e convencional, não havendo efeito do tipo de secagem sobre essas características. Isso ocorreu, provavelmente, devido à transferência de ácidos orgânicos do tomate para a solução osmótica e pela incorporação de solutos presentes na solução osmótica pelo tomate. Toor, Savage e Heeb (2006) realizaram a secagem convectiva de três cultivares de tomate até atingirem, aproximadamente, 80% de umidade e observaram aumento significativo do teor de AT e SS com valores no produto final entre 1,13% e 1,96 % e 15,9% a 21,8%, para AT e SS, respectivamente. Esses resultados foram semelhantes aos valores observados para os tomates submetidos à secagem convectiva no presente estudo.

O teor de sólidos solúveis constitui parâmetro sobre o grau de doçura dos frutos, sendo o principal componente responsável pelo sabor do tomate (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Sua relação com a acidez determina o sabor característico do tomate (PEDRO; FERREIRA, 2005). A relação SS/AT

combina os componentes responsáveis pela acidez e doçura, sendo importante atributo de qualidade do tomate (MIGUEL et al., 2007). Segundo Lisiewska e Kmieciak (2000), valores de relação SS/AT maior que 10 indicam ótima combinação entre açúcar e acidez, sendo correlacionados com sabor suave. Ao contrário, valores baixos de SS/AT indicam sabor ácido. Todos os tratamentos apresentaram relação SS/AT superior a 10, tendo, no tomate orgânico, a secagem osmoconvectiva aumentado significativamente essa relação quando comparado à secagem convectiva (Tabela 1).

Os teores médios de compostos antioxidantes (licopeno,  $\beta$ -caroteno, compostos fenólicos e vitamina C) na matéria seca de tomates *in natura* e submetidos à secagem convectiva ou osmoconvectiva são apresentados na Tabela 2.

A retenção de todos os compostos antioxidantes avaliados foi menor no tomate orgânico. Não foi observada diferença significativa de retenção de compostos antioxidantes entre os tipos de secagem. No entanto, foi observada tendência de aumento da retenção de compostos antioxidantes em tomates submetidos à secagem osmoconvectiva, mostrando que este pode ser um método mais adequado para preservar o potencial antioxidante do tomate.

O teor médio de licopeno foi significativamente maior nos tomates convencionais secos em relação aos tomates orgânicos secos. Para o tomate convencional, não foi observada perda de licopeno com as técnicas de secagem utilizadas. O percentual de retenção do licopeno foi igual a 107% e 106%, para as secagens osmoconvectiva e convectiva, respectivamente. Em relação ao tomate orgânico, a secagem convectiva acarretou perda de 26,5% do conteúdo de licopeno, enquanto a secagem osmoconvectiva não produziu perdas. A retenção acima de 100% pode ocorrer porque o tratamento térmico contribui para a liberação do licopeno da matriz celular, tornando sua extração mais fácil que no tomate *in natura* (RODRIGUES-AMAYA, 1999).

Tabela 2 Teor médio de compostos antioxidantes na matéria seca de tomates secos em conserva e *in natura* cultivados em sistema orgânico e convencional

Tratamentos	Licopeno ( $\mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ )	$\beta$ -caroteno ( $\mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ )	Compostos fenólicos ( $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ )	Vitamina C ( $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ )
Orgânico				
IN	185,7 <sup>a</sup>	144,9 <sup>a</sup>	398,8 <sup>a</sup>	913,5 <sup>a</sup>
SOC	188,5 <sup>a</sup>	52,7 <sup>b</sup>	128,3 <sup>b</sup>	89,7 <sup>b</sup>
SC	136,5 <sup>b</sup>	26,7 <sup>b</sup>	114,5 <sup>b</sup>	61,7 <sup>b</sup>
Convencional				
IN	226,8 <sup>a</sup>	107,4 <sup>a</sup>	326,4 <sup>a</sup>	1180,3 <sup>a</sup>
SOC	242,6 <sup>a</sup>	56,0 <sup>b</sup>	160,5 <sup>b</sup>	148,3 <sup>b</sup>
SC	240,4 <sup>a</sup>	31,4 <sup>b</sup>	120,6 <sup>b</sup>	155,3 <sup>b</sup>
Fonte de variação				
SCu x IN	ns	ns	ns	ns
SCu x SOC	*	ns	ns	ns
SCu x SC	*	ns	ns	*

IN = *in natura*, SOC = secagem osmoconvectiva, SC = secagem convectiva e SCu = sistema de cultivo. Médias seguidas da mesma letra na coluna dentro de cada sistema de cultivo não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ns = não significativo a 5% de probabilidade

Heredia et al. (2010) encontraram maior retenção de licopeno em tomates submetidos à secagem osmoconvectiva, principalmente utilizando temperaturas de secagem iguais a 40° e 55°C. O tratamento em que se utilizou solução osmótica com 27,5% de sacarose +10% NaCl (p/p) a 40°C e temperatura de secagem de 55°C apresentou retenção de licopeno igual a 156%. Os autores sugerem que as condições de temperatura utilizada associadas ao estresse osmótico possivelmente estimularam a síntese de licopeno durante a desidratação osmótica. No presente estudo, a secagem osmoconvectiva apresentou maior retenção de licopeno somente no tomate orgânico. Toor, Savage e Heeb (2006) verificaram redução de 10% a 20% no teor de licopeno em tomates desidratados, a 42°C, por 18 horas, sendo esse percentual diferente para as cultivares analisadas.

O licopeno não é estável quando exposto a temperaturas acima de 100°C e sua degradação aumenta com o tempo (LEE; CHEN, 2002). Por outro lado, o processamento de tomates em temperaturas abaixo de 80°C aumenta o teor de licopeno livre devido ao rompimento das paredes celulares (THOMPSON et al., 2000). Mayeaux et al. (2006) verificaram que a pasta de tomate submetida ao aquecimento em forno a 177° ou 218°C, por 45 minutos, apresentou retenção de licopeno de apenas 37,3% e 25,1%. A produção de tomates secos no presente estudo foi realizada com temperatura igual a 65°C, o que favoreceu a retenção do licopeno. Dados sobre o efeito do processamento térmico do tomate não são consistentes e as diferentes metodologias empregadas, como as diferentes temperaturas de cocção e modo de preparo, dificultam a comparação dos resultados (SAHLIN; SAVAGE; LISTER, 2004).

O teor de  $\beta$ -caroteno foi significativamente reduzido com a desidratação nos tomates orgânico e convencional. No tomate orgânico, a retenção foi igual a 18,4% e 36,4%, para as secagens osmo-convectiva e convectiva, respectivamente. Já o tomate convencional apresentou maiores teores de retenção de  $\beta$ -caroteno, sendo o percentual de retenção igual a 29,2% na secagem convectiva e a 52,1% na secagem osmoconvectiva.

O teor de compostos fenólicos apresentou retenção entre 37% e 49% nos tomates convencionais e de 28 a 32% nos tomates orgânicos. A degradação dos fenólicos depende do tempo e da temperatura de exposição. Toor, Savage e Heeb (2006) 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. No presente estudo, a temperatura de secagem foi maior (65°C), o que prejudicou a retenção dos compostos fenólicos. Dewanto et al. (2002) não observaram alteração no teor de fenólicos totais em tomates aquecidos, a 88°C, por 30 minutos. Neste estudo, o curto tempo de processamento pode ter favorecido a manutenção dos teores de

fenólicos totais. A degradação de compostos fenólicos durante a secagem pode ser afetada pela ação de enzimas polifenoloxidasas (PPO) e peroxidases (POD). Estas enzimas promovem a oxidação de fenólicos e outros compostos, como o  $\beta$ -caroteno, próximo aos locais de descompartmentalização celular (CAMPOS et al., 2004). Mantovani e Clemente (2010) observaram que, mesmo após o tratamento térmico usualmente utilizado pela indústria (80° a 90°C), a PPO e a POD apresentavam atividade residual em purês de tomates.

A vitamina C foi o composto antioxidante com maior taxa de degradação, atingindo 93,3% no tomate orgânico sob secagem convectiva e 87,4% no tomate convencional sob secagem osmoconvectiva. Em vários estudos tem sido mostrada significativa perda de ácido ascórbico em tomates processados termicamente (DEWANTO et al., 2002; TAKEOKA et al., 2001). Lavelli et al. (1999) observaram retenção de 12% de ácido ascórbico em tomates desidratados a 80°C por 7 horas.

Os teores médios de compostos antioxidantes (licopeno,  $\beta$ -caroteno, compostos fenólicos e vitamina C) na matéria integral de tomates *in natura* e submetidos à secagem convectiva ou osmoconvectiva são apresentados na Tabela 3.

Os resultados apresentados na Tabela 2 mostraram significativa perda de compostos antioxidantes durante o processo de secagem dos tomates orgânico e convencional, exceto para o licopeno. Apesar dessa perda, pode-se observar, na Tabela 3, que os tomates secos, com base na matéria integral, apresentam maior teor de compostos antioxidantes que o tomate *in natura*, exceto para vitamina C. Esse fato é decorrente da remoção de água durante a secagem, que acarreta concentração dos compostos químicos do tomate. Em vários estudos mostra-se que as perdas percentuais de licopeno e compostos fenólicos nos processos de desidratação não são suficientes para reduzir o teor desses compostos a concentrações inferiores àsquelas encontradas nos tomates *in natura*, uma vez



que o teor desses compostos é maior no tomate desidratado (MURATORE et al., 2008; SHEN; CHEN; WANG, 2007; TOOR; SAVAGE; HEEB, 2006).

Os resultados do presente estudo mostram aumento de 5 a 9 vezes no conteúdo de licopeno nos tomates secos. O tomate convencional apresentou maior teor de todos os compostos antioxidantes analisados e a secagem osmoconvectiva mostrou-se mais eficiente na preservação desses compostos. Muratore et al. (2008) verificaram aumento de 2,8 a 3,5 vezes do teor de licopeno em tomates desidratados, enquanto no estudo de Toor, Savage e Heeb (2006) este aumento chegou a 30 vezes. Os resultados do presente estudo encontram-se mais próximos dos valores observados por Muratore et al. (2008).

Tabela 3 Teor médio de compostos antioxidantes na matéria integral de tomates secos em conserva e *in natura* cultivados em sistema orgânico e convencional

Tratamentos	Licopeno ( $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ )	$\beta$ -caroteno ( $\mu\text{g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ )	Compostos fenólicos ( $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ )	Vitamina C ( $\text{mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ )
Orgânico				
IN	10,0 <sup>b</sup>	6,4 <sup>b</sup>	17,7 <sup>b</sup>	37,12 <sup>a</sup>
SOC	67,4 <sup>a</sup>	18,8 <sup>a</sup>	45,9 <sup>a</sup>	31,0 <sup>a</sup>
SC	49,2 <sup>a,b</sup>	9,6 <sup>a,b</sup>	41,3 <sup>a</sup>	22,1 <sup>a</sup>
Convencional				
IN	9,3 <sup>b</sup>	5,4 <sup>b</sup>	16,5 <sup>b</sup>	59,8,3 <sup>a</sup>
SOC	88,4,6 <sup>a</sup>	19,6 <sup>a</sup>	57,8 <sup>a</sup>	54,1 <sup>a</sup>
SC	85,5 <sup>a</sup>	11,4 <sup>a,b</sup>	43,9 <sup>a,b</sup>	55,9 <sup>a</sup>
Fonte de variação				
SCu x IN	ns	ns	ns	ns
SC x SP	ns	ns	ns	ns
SC x SD	*	ns	ns	ns

IN = *in natura*, SOC = secagem osmoconvectiva, SC = secagem convectiva e SCu = sistema de cultivo. Médias seguidas da mesma letra na coluna dentro de cada sistema de cultivo não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ns = não significativo a 5% de probabilidade

Em geral, acredita-se que frutas e hortaliças processadas tenham menor valor nutricional que produtos *in natura*. Os resultados deste estudo mostram

que a secagem do tomate melhorou a atividade antioxidante *in vitro* do tomate. Dewanto et al. (2002) também observaram aumento do teor de licopeno e da atividade antioxidante em tomates submetidos ao processamento térmico.

A atividade antioxidante total (AAT) nas matérias integral e seca de tomates *in natura* e submetidos à secagem convectiva ou osmoconvectiva avaliada pelo método DPPH é apresentada na Tabela 4.

Tabela 4 Atividade antioxidante total nas matérias integral e seca de tomates secos em conserva e *in natura* cultivados em sistema orgânico e convencional, medida pelo método do DPPH

Tratamentos	Extrato hidrofílico ( $\mu\text{molTEAC}\cdot 100\text{g}^{-1}$ )		Extrato hidrofóbico ( $\mu\text{molTEAC}\cdot 100\text{g}^{-1}$ )	
	MI	MS	MI	MS
Orgânico				
IN	126,5 <sup>b</sup>	2495,7 <sup>a</sup>	62,8 <sup>a</sup>	1240,1 <sup>a</sup>
SOC	296,7 <sup>a</sup>	683,1 <sup>b</sup>	72,2 <sup>a</sup>	202,3 <sup>b</sup>
SC	208,8 <sup>a</sup>	573,6 <sup>b</sup>	90,8 <sup>a</sup>	249,5 <sup>b</sup>
Convencional				
IN	132,9 <sup>b</sup>	3002,1 <sup>a</sup>	110,4 <sup>b</sup>	2482 <sup>a</sup>
SOC	244,0 <sup>a</sup>	826,4 <sup>b</sup>	215,2 <sup>a</sup>	598,1 <sup>b</sup>
SC	247,7 <sup>a</sup>	661,8 <sup>b</sup>	170,6 <sup>a</sup>	473,0 <sup>b</sup>
Fonte de variação				
SCu x IN	ns	ns	*	*
SCu x SOC	ns	ns	*	*
SCu x SC	ns	ns	*	*

IN = *in natura*, SOC = secagem osmoconvectiva, SC = secagem convectiva e SCu = sistema de cultivo. Médias seguidas da mesma letra na coluna dentro de cada sistema de cultivo não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ns = não significativo a 5% de probabilidade

Em geral, os extratos hidrofílicos (ricos em compostos fenólicos e vitamina C) apresentaram maior capacidade de sequestrar os radicais DPPH que os extratos hidrofóbicos (ricos em carotenoides) (Tabela 4). Outros autores também observaram situação semelhante para extratos hidrofílicos e hidrofóbicos de tomates e/ou produtos de tomates (DJURIC; POWELL, 2001;

LARROSA; ESPÍN; TOMÁS-BABERÓN, 2003; TOOR; SAVAGE; HEEB, 2006). Há também estudos que mostram melhor desempenho do extrato hidrofóbico (BORGUINI, 2006; ISHIDA; CHAPMAN, 2004).

Considerando a matéria seca, observa-se que a secagem do tomate promoveu elevada degradação dos compostos antioxidantes, principalmente vitamina C. Consequentemente, a retenção média da AAT foi baixa para os extratos hidrofílicos (22% a 27,5%) e hidrofóbicos (16% a 24%). Os extratos hidrofóbicos do tomate convencional mostraram AAT significativamente maior que o tomate orgânico. Os extratos hidrofílicos não apresentaram diferenças significativas em relação ao sistema de cultivo (Tabela 4). As técnicas de secagem empregadas neste estudo não promoveram diferenças significativas na AAT, avaliada pelo método do DPPH, de tomates cultivados em sistema orgânico ou convencional.

Toor, Savage e Heeb (2006) avaliaram a AAT pelo método do DPPH em tomates *in natura* e desidratados de três cultivares diferentes. Os autores observaram valores de AAT no extrato hidrofílico de tomates *in natura* de 2.540 a 2.579  $\mu\text{molTEAC}\cdot 100\text{g}^{-1}$  e de 1.554 a 1.841  $\mu\text{molTEAC}\cdot 100\text{g}^{-1}$ , nos tomates desidratados. A retenção da atividade antioxidante observada pelos autores nos tomates desidratados foi superior aos resultados do presente estudo. Isso ocorreu, provavelmente, pela menor temperatura de secagem (42°C) utilizada pelos autores que favorece a retenção de compostos antioxidantes e da atividade antioxidante. Por exemplo, a retenção de ácido ascórbico observada pelos autores foi superior a 70% (TOOR; SAVAGE; HEEB, 2006).

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 (KUSKOSKI et al., 2005; ROBARDS et al., 1999; SANCHEZ-MORENO et al., 2006).

Embora tenha sido observada baixa retenção da AAT, na matéria integral os tomates secos apresentaram maior atividade antioxidante que os tomates *in natura*, exceto o extrato hidrofóbico do tomate orgânico.

A atividade antioxidante total (AAT) avaliada pelo método do sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico na matéria integral de tomates *in natura* e submetidos à secagem convectiva ou osmoconvectiva está representada nos dados da Tabela 5.

Tabela 5 Atividade antioxidante total na matéria integral de tomates secos em conserva e *in natura* cultivados em sistema orgânico e convencional, medida pelo método do sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico

Tratamentos	Extrato hidrofílico (% I)	Extrato hidrofóbico (%I)
Orgânico		
IN	27,3 <sup>b</sup>	82,3 <sup>a</sup>
SOC	43,0 <sup>a</sup>	79,0 <sup>a</sup>
SC	24,1 <sup>b</sup>	78,3 <sup>a</sup>
Convencional		
IN	35,3 <sup>a,b</sup>	80,1 <sup>a</sup>
SOC	43,1 <sup>a</sup>	82,5 <sup>a</sup>
SC	25,9 <sup>b</sup>	78,5 <sup>a</sup>
Fonte de variação		
SCu x IN	ns	ns
SCu x SOC	ns	ns
SCu x SC	ns	ns

IN = *in natura*, SOC = secagem osmoconvectiva, SC = secagem convectiva e SCu = sistema de cultivo. Médias seguidas da mesma letra na coluna dentro de cada sistema de cultivo não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. ns = não significativo a 5% de probabilidade

Ao contrário dos resultados observados no método DPPH, o extrato hidrofóbico apresentou maior AAT que o extrato hidrofílico no método do  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico. Não foram observadas diferenças significativas entre os sistemas de cultivo e técnicas de secagem para a AAT do extrato hidrofóbico. A AAT variou de 78,3% a 82,5%, sendo próxima à observada para o

antioxidante padrão Trolox, que apresentou percentual médio de inibição (%I) igual a 86,7%. O extrato hidrofóbico dos tomates é rico em compostos apolares como o  $\beta$ -caroteno e, principalmente, o licopeno. Cabe ressaltar que o licopeno foi o composto antioxidante que apresentou maior retenção durante o processo de secagem, o que, provavelmente, contribuiu para aumentar a capacidade antioxidante do extrato hidrofóbico. Além disso, o licopeno é altamente eficiente para neutralizar radicais resultantes da peroxidação lipídica, protegendo as membranas celulares e lipoproteínas (BASUNY; GAAFAR; ARAFAT, 2009).

Shen, Chen e Wang (2007) avaliaram a atividade antioxidante de tomates aquecidos a 100°C, por 30 minutos. Os autores 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. Os autores encontraram percentual de inibição da peroxidação lipídica igual a 76,1% em extratos ricos em licopeno, semelhante aos resultados encontrados no extrato hidrofóbico do presente estudo.

Quanto à técnica de secagem, foi observado AAT significativamente maior apenas para os extratos hidrofílicos dos tomates orgânico e convencional submetidos à secagem osmoconvectiva. O aumento da AAT em produtos do tomate processado tem sido relatado em vários estudos (DEWANTO et al., 2006; GAHLER; OTTO; BOHM, 2003; NICOLI et al., 1997; TAKEOKA et al., 2001). A secagem não promoveu redução da AAT avaliada pelo sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico, tendo, no caso dos extratos hidrofílicos, a secagem osmoconvectiva promovido aumento significativo da AAT. Portanto, a AAT do tomate seco pode ser igual ou maior que a AAT observada no tomate *in natura* (Tabela 5).

Segundo Lavelli, Peri e Rizzolo (2000), o processamento do tomate aumenta a atividade antioxidante da fração lipofílica e reduz a da fração hidrofílica em relação ao tomate *in natura*. Borguini (2006) não observou

alterações significativas na AAT avaliada pelo sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico em extratos hidrofílicos e hidrofóbicos de tomates *in natura* e processados (molho e purê).

Os resultados mostram que o tomate seco é um produto com alto potencial antioxidante. No entanto, a existência de vários métodos para avaliar a atividade antioxidante acarreta dificuldades de seleção da metodologia mais adequada para um determinado estudo, não existindo um método universal. Além disso, as diferentes condições de ensaio utilizadas (concentrações, pH, tempo de oxidação, temperaturas e oxigenação) dificultam a interpretação e a comparação dos resultados obtidos (NIKI, 2002; QUEIROZ, 2006).

#### 4 CONCLUSÕES

A secagem do tomate aumentou AT, SS e relação SS/AT e reduziu pH dos tomates independente do sistema de cultivo e técnica de secagem.

O processo de secagem dos tomates acarretou significativas perdas de compostos fenólicos, vitamina C e  $\beta$ -caroteno. O licopeno apresentou-se estável durante a secagem.

A concentração de compostos antioxidantes pela remoção da água se sobrepõe às perdas decorrentes da secagem do tomate, sendo o tomate seco mais rico em compostos antioxidantes (licopeno,  $\beta$ -caroteno e compostos fenólicos) que o tomate *in natura*.

O tomate convencional apresentou maiores valores de compostos antioxidantes que o tomate orgânico.

A secagem osmoconvectiva preservou melhor os compostos antioxidantes durante a secagem.

A AAT total foi dependente do solvente e do método utilizado, tendo o extrato hidrofílico apresentado maior AAT no método do DPPH e o extrato hidrofóbico maior AAT no sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico.

O sistema de cultivo influenciou a AAT apenas para o extrato hidrofóbico avaliada pelo método DPPH.

No método do sequestro do radical DPPH, a AAT do tomate seco foi superior ao tomate *in natura*, exceto para o extrato hidrofóbico do tomate orgânico.

A secagem osmoconvectiva aumentou a AAT do extrato hidrofílico dos tomates avaliados pelo sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico.

Os tomates secos apresentaram alto potencial antioxidante, principalmente considerando a atividade antioxidante total do extrato hidrofóbico detectada no método do sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of the Association of the Agricultural Chemists**. Washington, 1998. 1094 p.

BASUNY, A. M.; GAAFAR, A. M.; ARAFAT, S. M. Tomato lycopene is a natural antioxidant and can alleviate hypercholesterolemia. **African Journal of Biotechnology**, Pretoria, v. 8, n. 23, p. 6627-6633, 2009.

BORGUINI, R. G. **Avaliação do potencial antioxidante e de algumas características físico-químicas do tomate (*Lycopersicon esculentum*) orgânico em comparação ao convencional**. 2006. 178 p. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

CAMARGO, G. A. **Processamento produtivo de tomate seco: novas tecnologias: manual técnico**. Campinas: UNICAMP, 2003. 8 p.

CAMPOS, A. D. et al. Atividade de peroxidase e polifenoloxidase na resistência do feijão à antracnose. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 7, p. 637-643, jul. 2004.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

DEWANTO, V. et al. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 50, n. 10, p. 3010-3014, Apr. 2002.

DJURIC, Z.; POWELL, L. C. Antioxidant capacity of lycopene-containing foods. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, Hants, v. 52, n. 2, p. 143-149, Feb. 2001.

FAGUNDES, A. F. et al. influência do grau de umidade na textura de tomate seco refrigerado ou envasado em óleo. **Revista da UEPG Ciências Exatas Terra, Ciências Agrárias Engenharia**, Ponta Grossa, v. 11, n. 1, p. 35-42, abr. 2005.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.



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**, Easton, v. 51, n. 27, p. 7962-7968, Nov. 2003.

HEREDIA, A. et al. Effect of osmotic pré-treatment and microwave heating on lycopene degradation and isomerization in cherry tomato. **Food Chemistry**, London, v. 123, n. 1, p. 92-98, Nov. 2010.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo, 1985. v. 1, 371 p.

ISHIDA, B. K.; CHAPMAN, M. H. A comparison of carotenoid content and total antioxidant activity in catsup from several commercial sources in the United States. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 52, n. 26, p. 8017-8020, July 2004.

KUSKOSKI, E. M. et al. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 726-732, out./dez. 2005.

LEE, M. T.; CHEN, B. H. Stability of lycopene during heating and illumination in a model system. **Food Chemistry**, London, v. 78, n. 4, p. 425-432, Sept. 2002.

LARROSA, M.; ESPÍN, J. C.; TOMÁS-BABERÓN, F. A. Antioxidant capacity of tomato juice functionalised with enzymatically synthesized hydroxytyrosol. **Journal Science Food Agriculture**, London, v. 83, n. 7, p. 658-666, May 2003.

LAVELLI, V. et al. Evaluation of radical scavenging activity of fresh and air-dried tomatoes by three model reactions. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 47, n. 9, p. 3826-3831, Aug. 1999.

LAVELLI, V.; PERI, C.; RIZZOLO, A. Antioxidant activity of tomato products as studied by model reaction using xanthine oxidase, myeloperoxidase, and koper-induced lipid peroxidation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 48, n. 5, p. 1442-1448, Apr. 2000.

LISIEWSKA, S.; KMIECIK, W. Effect of storage period and temperature on the chemical composition and organoleptic quality of frozen tomato cubes. **Food Chemistry**, London, v. 70, n. 2, p. 167-173, Aug. 2000.

MANTOVANI, C.; CLEMENTE, E. Peroxidase and polyphenoloxidase activity in tomato *in natura* and tomato purée. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 91-97, 2010.

MAYEAUX, M. et al. Effects of cooking conditions on the lycopene content in tomatoes. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 71, n. 8, p. 461-464, Aug. 2006.

MIGUEL, A. C. A. et al. Qualidade de tomate 'Débora' minimamente processado armazenado em dois tipos de embalagens. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 4, p. 582-585, jul./ago. 2007.

MONTEIRO, C. S. et al. Qualidade nutricional e atividade antioxidante do tomate tipo "italiano". **Alimentaria Nutricional**, Araraquara, v. 19, n. 1, p. 25-31, jan./mar. 2008.

MORITZ, B.; TRAMONTE, V. L. C. Biodisponibilidade do licopeno. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 9, n. 2, p. 265-273, 2006.

MURATORE, G. et al. Partial dehydration of cherry tomato at different temperature and nutritional quality of the products. **Food Chemistry**, London, v. 111, n. 4, p. 887-891, Dec. 2008.

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

NICOLI, M. C. et al. Loss and/or formation of antioxidants during food processing and storage. **Cancer Letters**, Amsterdam, v. 114, n. 1/2, p. 71-74, Mar. 1997.

NIKI, E. Antioxidant activity: are we measuring it correctly? **Nutrition**, London, v. 16, n. 6, p. 524-525, Dec. 2002.

PEDRO, A. M. K.; FERREIRA, M. M. C. Non-destructive determination of solids and carotenoids in tomato products by near infrared spectroscopy and multivariate calibration. **Analytical Chemistry**, London, v. 77, n. 8, p. 2505-2511, Mar. 2005.

QUEIROZ, Y. S. **Alho (*Allium sativum*) e produtos: atividade antioxidante in vitro durante a vida de prateleira**. 2006. 128 p. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

ROBARDS, K. et al. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. **Food Chemistry**, London, v. 66, n. 4, p. 401-436, Sept. 1999.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Latin American food sources of carotenoids. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 49, n. 3, p. 74-84, 1999.

RUFINO, M. S. M. et al. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas no sistema  $\beta$ -caroteno/Ácido Linoléico**. Brasília: EMBRAPA, 2006. 16 p. (Comunicado Técnico, 126).

\_\_\_\_\_. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH**. Brasília: EMBRAPA, 2007. 12 p. (Comunicado Técnico, 127).

SAHLIN, E.; SAVAGE, G. P.; LISTER, C. E. Investigation of the antioxidant properties of tomatoes after processing. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 17, n. 5, p. 635-647, Oct. 2004.

SÁNCHEZ-MORENO, C. et al. Nutritional characterisation of commercial traditional pasteurised tomato juices: carotenoids, vitamin C and radical-scavenging capacity. **Food Chemistry**, London, v. 98, n. 4, p. 749-756, Sept. 2006.

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

SHEN, Y. C.; CHEN, S. L.; WANG, C. K. Contribution of tomato phenolics to antioxidation and down-regulation of blood lipids. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 55, n. 16, p. 6475-6480, Aug. 2007.

SHI, J. et al. Lycopene degradation and isomerization in tomato dehydration. **Food Research International**, Barking, v. 32, n. 1, p. 15-21, Jan. 1999.

SILVA, V. K. L. et al. Efeito da pressão osmótica no processamento e avaliação da vida de prateleira de tomate seco. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 55-66, jan./mar. 2010.

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

TAKEOKA, G. R. et al. Processing effects on lycopene content and antioxidant activity of tomatoes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 49, n. 8, p. 3713-3717, July 2001.

THOMPSON, K. A. et al. Cultivar, maturity and heat treatment on lycopene content in tomatoes. **Food Chemistry**, London, v. 65, n. 5, p. 791-795, Aug. 2000.

TOOR, R. K.; SAVAGE, G. P.; HEEB, A. Influence of different types of fertilisers on the major antioxidant components of tomatoes. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 19, n. 1, p. 20-27, Feb. 2006.

VENSKE, C. et al. Influência do grau de maturação nas características sensoriais de tomate seco envasado em óleo. **Publicatio UEPG Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, Ponta Grossa, v. 10, n. 3, p. 33-40, dez. 2004.

WATERHOUSE, A. L. Polyphenolics: determination of total phenolics. In: WROLSTAD, R. E. **Currente protocols in food analytical chemistry**. New York: J. Wiley, 2002. p. 11-18.

## CAPÍTULO 4

### **Características físicas, químicas e atividade antioxidante *in vitro* de tomates secos em conservas provenientes do comércio varejista**

#### **RESUMO**

A produção e o consumo de tomate seco vêm crescendo no Brasil nos últimos anos, porém, não há padronização das técnicas de obtenção deste alimento, o que pode gerar produtos com características distintas. Este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar as características físicas, químicas e atividade antioxidante de tomates secos adquiridos no comércio varejista da cidade de Belo Horizonte, MG. Foram avaliados oito produtos diferentes, tendo sido determinados a massa das fatias, a composição centesimal, o teor de licopeno,  $\beta$ -caroteno, a vitamina C, os compostos fenólicos e a atividade antioxidante pelo método do sequestro do radical DPPH e sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico. A umidade dos produtos variou de 39,2% a 66,6%. Metade dos tomates secos apresentou valor de pH superior a 4,5 e apenas o produto C apresentou relação SS/AT inferior a 10. Os tomates secos apresentaram alto teor de energia, carboidratos, lipídios e fibras, magnésio, cobre, ferro e potássio. Com exceção do produto A, os tomates secos apresentaram excessivo teor de sódio, variando de 620,1 a 1956,8 mg.100g<sup>-1</sup>. O teor de compostos antioxidantes (licopeno,  $\beta$ -caroteno, compostos fenólicos totais e vitamina C) foi superior aos valores normalmente encontrados para o tomate *in natura*. A atividade antioxidante foi maior para o extrato hidrofóbico avaliado pelo sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico, sendo semelhante à atividade antioxidante do Trolox. Os tomates secos apresentaram diferenças significativas entre si, corroborando a falta de padronização de técnicas para a obtenção do produto. De modo geral, os tomates secos são produtos com alto valor nutricional e alto potencial antioxidante, porém, com o aspecto negativo de serem ricos em sódio e em energia.

Palavras-chave: Tomate seco. Atividade antioxidante. Composição nutricional.

## ABSTRACT

The production and consumption of dried tomatoes has been growing in Brazil in recent years, however no there is standardization of the techniques to obtain this food, which can generate products with different characteristics. The objective of this study was to evaluate the physical and chemical characteristics and the antioxidant activity of retailed dried tomatoes acquired in the city of Belo Horizonte, Minas Gerais. Eight different products were appraised, determining the mass of the slices, the centesimal composition, the lycopene,  $\beta$ -carotene, vitamin C and total phenolic levels and antioxidant activity by the radical DPPH sequestering and  $\beta$ -carotene/linoleic acid system methods. The moisture of the products varied from 39.2 to 66.6%. Half of the dried tomatoes presented a pH value over 4.5 and only the product C presented a SS/TA ratio inferior to 10. The dried tomatoes presented high caloric, carbohydrate, lipid and fiber, magnesium, copper, iron and potassium levels. Except for the product A, the dried tomatoes presented an excessive level of sodium varying from 620.1 to 1956.8 mg.100g<sup>-1</sup>. The level of antioxidant compounds (lycopene,  $\beta$ -carotene, total phenolic compounds and vitamin C) was superior to the values usually found for the tomato *in natura*. The antioxidant activity was higher for the hydrophobic extract appraised by the  $\beta$ -carotene/linoleic acid system, being similar to the antioxidant activity of Trolox. The dried tomatoes presented significant differences among themselves supporting the lack of technique standardization for the product elaboration. In general, the dried tomatoes are products with high nutritional value and high antioxidant potential, however with the negative aspect of being rich in sodium and calories.

Keywords: Dried tomato. Antioxidant activity. Nutritional composition.

## 1 INTRODUÇÃO

O tomate é uma das hortaliças mais produzidas e consumidas no Brasil e no mundo. Estudos epidemiológicos têm mostrado associação inversa entre o consumo de tomates e seus produtos, com a incidência de doenças crônicas não transmissíveis, como o câncer e as do aparelho circulatório. Sua alta disponibilidade e baixo custo favorecem seu consumo por todas as classes socioeconômicas, o que aumenta a contribuição do tomate para a nutrição humana (CAMARGO; HAJ-ISA; QUEIROZ, 2007; MORITZ; TRAMONTE, 2006).

Introduzido no Brasil por imigrantes italianos e portugueses, o tomate está sendo amplamente cultivado no Brasil com aumento significativo da produção nas últimas décadas. O país ocupa o sexto lugar no ranking mundial de produção, com destaque para os estados de Goiás, São Paulo e Minas Gerais. O tomate é o segundo vegetal em área cultivada e o primeiro em volume industrializado. Estima-se que um terço da produção nacional de tomate seja destinado para a indústria, com a elaboração de diversos produtos, como extratos, purês, molhos e ketchup. A industrialização do tomate contribui para reduzir as perdas pós-colheita, que podem chegar a 50%, acarretando importantes perdas econômicas e afetando o preço final do tomate e seus produtos (MELO; VILELA, 2005).

Neste contexto, a desidratação do tomate tem sido vista como uma importante alternativa para evitar o desperdício do excedente da produção e uma alternativa de comercialização quando a oferta de tomate *in natura* é maior que a demanda. No Brasil, a produção de tomate seco vem crescendo nos últimos anos, contribuindo para aumentar a lucratividade, agregar valor ao tomate e disponibilizar alimento com alto potencial nutritivo e de sabor agradável. Porém,

sua produção ainda está restrita à pequena indústria e à produção artesanal (FAGUNDES et al., 2005; TONON; BARONI; HUBINGER, 2006).

A produção de tomate seco não apresenta padrões técnicos definidos. Esse produto pode ser obtido utilizando-se etapas de pré-desidratação osmótica seguida de secagem com aplicação de calor ou apenas por secagem direta sem pré-desidratação. Não há, portanto, padronização quanto ao tempo e à temperatura de secagem do tomate, o que gera produtos com características distintas no mercado, dificultando a quantificação da contribuição desse produto com relação aos componentes antioxidantes e/ou nutritivos para a dieta humana. Além disso, há poucas informações sobre as características químicas e físicas dos tomates secos comercializados no Brasil.

Diante do exposto, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar as características físicas e químicas e a atividade antioxidante de tomates secos em conserva provenientes do comércio varejista.



## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Obtenção e preparação das amostras**

Os tomates secos em conserva (óleo) foram obtidos no mercado central da cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais. Foram selecionados oito produtos, sendo coletadas três amostras de cada produto pertencente ao mesmo lote de fabricação. Na Tabela 1 são apresentadas algumas informações sobre os tomates secos em conserva selecionados para o presente estudo. Essas informações foram obtidas na rotulagem presente na embalagem dos produtos.

Tabela 1 Informações sobre os tomates secos em conserva selecionados para o estudo

Produto	Origem	Validade (meses)	Conservante	Semente	Informação Nutricional	Tipo de óleo	Sal	Açúcar	Ervas
A	Brasil (MG)	5	-	-	+	Soja + gergelim	+	+	+
B	Brasil (MG)	6	+	-	+	NI	-	+	+
C	Brasil (SP)	-	-	+	+	Soja	+	-	+
D	Brasil (SP)	-	-	+	+	NI	+	-	+
E	Brasil (SP)	-	+	+	+	NI	-	-	+
F	Brasil (SP)	12	-	+	+	NI	+	-	+
G	Brasil (SP)	24	+	+	+	NI	+	+	+
H	Ítalia	36	-	+	+	Girassol + oliva	+	-	+

Nota: As informações foram obtidas nos rótulos dos produtos. NI = não identificado (óleo vegetal). (+) Presente, (-) ausente

Os tomates secos em conserva foram colocados em peneiras, por 10 minutos, para drenagem do excesso de óleo presente na conserva. Em seguida, cada amostra foi triturada, por 1 minuto, em microprocessador, obtendo-se uma massa homogênea que foi utilizada para realizar as análises.

## **2.2 Análises físicas e químicas**

### **2.2.1 Determinação da massa das fatias dos tomates secos**

A massa das fatias de tomate seco foi determinada utilizando-se balança analítica. Para cada amostra do produto foram realizadas oito repetições, sendo as fatias selecionadas aleatoriamente após a eliminação do excesso de óleo conforme item anterior.

### **2.2.2 Composição centesimal e energia**

Umidade - a umidade foi determinada pelo método gravimétrico com emprego de calor, de acordo com as normas da Association of Official Analytical Chemists - AOAC (1998). As amostras foram colocadas em estufa, a 105°C, até a obtenção de peso constante.

Extrato etéreo - a determinação do extrato etéreo foi realizada por extração com solvente orgânico (éter etílico), com o auxílio de um aparelho extrator do tipo Soxhlet, segundo método da AOAC (1998).

Proteína bruta - a análise foi realizada por meio do teor de nitrogênio por destilação em aparelho de MicroKjedahl (semimicro), utilizando-se o fator 6,25, procedido do cálculo do teor de proteína bruta, conforme procedimento da AOAC (1998).

Fração cinzas – foi determinada por método gravimétrico, avaliando-se a perda de peso do material submetido ao aquecimento em mufla, a 550°-660°C (AOAC, 1998).

Fibra alimentar – o teor de fibras solúveis e insolúveis foi determinado de acordo com método proposto pela AOAC (1997), que se baseia em análises enzimáticas e gravimétricas. As enzimas utilizadas na determinação de fibras ( $\alpha$ -amilase, amilglicosidase e protease) foram doadas pela Nozyme Latin América Ltda e o celite utilizado era da Sigma-Aldrich. Os resultados foram expressos em mg.100g<sup>1</sup> de tomate seco.

Fração glicídica – calculou-se a fração glicídica pela diferença segundo a equação: %F.G. = 100 – (%umidade + %extrato etéreo + %proteína bruta + fibra alimentar (fibra solúvel + fibra insolúvel) + fração cinzas), considerando a matéria integral.

Energia – o teor de energia foi calculado com base no teor de proteínas, carboidratos e lipídios das amostras, de acordo com Mahan e Escott-Stump (2002), conforme a equação seguinte:

$$E \text{ (kcal)} = (\text{proteína}.4,0) + (\text{carboidrato}.4,0) + (\text{lipídio}.9,0)$$

Os resultados foram expressos em quilocalorias (kcal).

### **2.2.3 Sólidos solúveis**

O teor de sólidos solúveis totais foi determinado utilizando-se o refratômetro Atago, modelo N-1, homogeneizando a amostra e transferindo-se uma ou duas gotas do material para o prisma do refratômetro, desprezando-se partículas grandes de polpa. Os resultados foram expressos em °Brix.

#### **2.2.4 pH e acidez titulável**

O potencial hidrogeniônico foi medido utilizando-se o pHmetro portátil marca Ingold, modelo pH206. A acidez titulável foi determinada por titulação com solução de NaOH 0,1N e com indicador fenolftaleína, de acordo com o Instituto Adolfo Lutz (1985). Os resultados foram expressos em mg de ácido cítrico.100g<sup>-1</sup> do fruto.

#### **2.2.5 Minerais**

Foi determinado o teor dos minerais cálcio, cobre, enxofre, ferro, fósforo, magnésio, manganês, potássio, sódio e zinco dos tomates secos. As análises foram realizadas utilizando-se o espectrômetro de absorção atômica, modelo spectrAA 110, Varian, calibrado em condições específicas de comprimento de onda, fenda e mistura de gases para cada elemento. Para a construção da curva de calibração, foram utilizadas ampolas de padrões para absorção atômica Merck, devidamente diluídas com água deionizada. As análises foram realizadas em triplicata e os resultados expressos em mg.100g<sup>-1</sup> de produto integral.

#### **2.2.6 Teor de licopeno e $\beta$ -caroteno**

Os teores de licopeno e de  $\beta$ -caroteno foram determinados segundo o método proposto por Nagata e Yamashita (1992). Os carotenoides 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 663nm) e a concentração de licopeno e  $\beta$ -caroteno foi calculada de acordo com as equações:

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

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  $\mu\text{g.g}^{-1}$ .

### **2.2.7 Vitamina C**

O teor de ácido ascórbico foi determinado pelo método colorimétrico com 2,4 dinitrofenilhidrazina, conforme Strohecker e Henning (1967). A leitura foi realizada em espectrofotômetro Beckman 640 B com sistema computadorizado e os resultados foram expressos em mg.100g de polpa<sup>-1</sup>.

### **2.2.8 Compostos fenólicos**

Para a extração dos compostos fenólicos, foram pesados 5 g de amostra, aos quais foram adicionados 40 mL de álcool metílico 50%. Essa mistura foi homogeneizada por 2 minutos e deixada em repouso por 1 hora à temperatura ambiente, protegida da luz. Após esse período, a mistura foi centrifugada, a 23.713 g, por 17 minutos. O sobrenadante foi coletado e foram adicionados 40 mL de acetona 70% ao resíduo. Este foi homogeneizado por 2 minutos e deixado em repouso por 1 hora. Em seguida, centrifugou-se a 23.713 g, por 17 minutos. O sobrenadante foi coletado, adicionado ao primeiro sobrenadante e o volume foi completado para 100 mL com água destilada.

O teor de fenólicos totais foi determinado pelo método proposto por Waterhouse (2002), empregando-se o reagente de Folin-Ciocalteu. Em resumo, 0,5 mL de extrato 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 fenólicos foi medida espectrofotometricamente, na faixa de absorção de 750nm. 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 (mgEAG.100g<sup>-1</sup>).

### **2.2.9 Atividade antioxidante**

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

Para determinação da atividade antioxidante total (AAT) foram preparados dois extratos correspondentes à porção hidrofílica e à porção hidrofóbica das amostras. Para a obtenção do extrato hidrofílico foram pesados 5 g das amostras homogeneizadas, às quais foram adicionados 40 mL de álcool metílico 50%. Essa mistura foi homogeneizada e deixada em repouso por 1 hora, à temperatura ambiente. Após este período, a mistura foi centrifugada a 23.723g, por 17 minutos. O sobrenadante foi coletado e foram adicionados 40 mL de acetona 70% ao resíduo. Este foi homogeneizado e deixado em repouso por 1 hora. Em seguida, foi centrifugado, a 23.713 g, por 17 minutos. O sobrenadante foi coletado, adicionado ao primeiro sobrenadante e o volume foi completado para 100 mL com água destilada. Para obter o extrato hidrofóbico foram adicionados 40 mL de éter etílico ao resíduo do extrato hidrofílico. A mistura foi homogeneizada e colocada em repouso por 1 hora à temperatura ambiente. Em seguida, a mistura foi centrifugada a 23.713 g por 17 minutos e o sobrenadante coletado. O procedimento foi repetido e o volume final completado para 100 mL com éter etílico.

A determinação da AAT pelo método do sequestro do radical DPPH foi realizada de acordo com metodologia proposta por Rufino et al. (2007) 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 0,2mg.mL<sup>-1</sup> 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:

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

em que

Ac = absorbância do controle

Am = absorbância da amostra

Para determinar a AAT pelo método sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico, adotaram-se os procedimentos propostos por Rufino et al. (2006). 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 470nm e os resultados expressos em percentual de inibição da oxidação do  $\beta$ -caroteno (%I).

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

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 0,2mg/mL, conforme proposto por Rufino et al. (2006). Todas as análises químicas foram realizadas em triplicatas.



### **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 (FERREIRA, 2000). 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

Na Figura 1 são apresentadas as fotos dos tomates secos em conserva selecionados para este estudo.



Figura 1 Fotos dos tomates secos em conserva adquiridos no comércio varejista

Dados relativos às massas médias das fatias de tomates secos medidas em gramas são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 Massa média das fatias de tomates secos em conserva adquiridos no comércio varejista

Produtos (marcas comerciais)	Massa da fatia (g)
A	9,65 <sup>a,b</sup>
B	5,87 <sup>c</sup>
C	9,85 <sup>a,b</sup>
D	9,90 <sup>a,b</sup>
E	7,81 <sup>b,c</sup>
F	9,16 <sup>a,b,c</sup>
G	9,95 <sup>a,b</sup>
H	11,34 <sup>a</sup>
CV	23,55

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

A média geral da massa das fatias dos tomates secos foi igual a 9,19 g, variando de 5,87 g a 11,34 g. O produto B apresentou fatias com menor massa. Essas diferenças são importantes para orientar o consumidor no momento da ingestão, pois, considerando o consumo de uma porção de 40 g de tomate seco, seria necessário o dobro de fatias do produto B em relação ao produto H.

Os valores de pH, acidez titulável, sólidos solúveis e razão sólidos solúveis/acidez de tomates secos em conserva adquiridos no comércio varejista são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 Valores médios de pH, acidez, sólidos solúveis e razão sólidos solúveis/acidez de tomates secos em conserva adquiridos no comércio varejista

Produtos (marcas comerciais)	pH	AT (% ácido cítrico)	SS (°Brix)	SS/AT
A	4,29 <sup>c</sup>	1,54 <sup>c</sup>	26,00 <sup>b</sup>	16,91 <sup>b</sup>
B	4,23 <sup>c</sup>	1,92 <sup>b</sup>	33,77 <sup>a</sup>	17,58 <sup>b</sup>
C	4,28 <sup>e</sup>	2,31 <sup>a</sup>	22,00 <sup>c,d</sup>	9,54 <sup>c</sup>
D	5,09 <sup>a</sup>	0,94 <sup>e</sup>	24,07 <sup>b,c</sup>	25,70 <sup>a</sup>
E	4,76 <sup>d</sup>	1,49 <sup>c</sup>	21,55 <sup>c,d</sup>	14,44 <sup>b</sup>
F	4,91 <sup>c</sup>	1,29 <sup>d</sup>	23,11 <sup>b,c</sup>	17,64 <sup>b</sup>
G	4,99 <sup>b</sup>	0,77 <sup>e</sup>	18,44 <sup>d</sup>	24,00 <sup>a</sup>
H	4,27 <sup>e</sup>	1,58 <sup>c</sup>	25,77 <sup>b</sup>	16,34 <sup>b</sup>
CV	0,51 ±	4,64 ±	5,33	6,75

AT = acidez titulável, SS = sólidos solúveis, SS/AT = relação sólidos solúveis/acidez titulável. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

O produto D apresentou o maior pH, enquanto os produtos A, B, C e H, valores de pH estatisticamente iguais entre si (4,23 a 4,29) e significativamente menores que os demais (Tabela 3). Em geral, o pH de tomates encontra-se na faixa de 4,0 a 4,5, sendo desejável pH inferior a 4,5 para reduzir a proliferação de microrganismos. Metade dos produtos analisados apresentou pH superior a 4,5. Produtos com pH superior a 4,5 requerem maior tempo de esterilização, acarretando maiores custos e, possivelmente, mais perdas nutricionais (MONTEIRO et al., 2008).

O produto C apresentou a maior porcentagem de acidez e os produtos D e G apresentaram os menores valores (Tabela 3). Os produtos apresentaram grande variação de AT (0,77% a 2,31%). Os resultados encontrados são expressivamente superiores aos valores de acidez de tomates frescos (0,35% e 0,39%) (MONTEIRO et al., 2008). Isso ocorre devido à concentração dos ácidos orgânicos decorrente do processo de desidratação, porém, a acidez no produto final depende das condições de processamento utilizadas.

O teor de sólidos solúveis constitui parâmetro sobre o grau de doçura dos frutos, sendo o principal componente responsável pelo sabor do tomate (CHITARRA; CHITARRA, 2005; MONTEIRO et al., 2008). O produto B apresentou maior teor de sólidos solúveis, possivelmente devido ao maior grau de desidratação (teor de umidade = 39,22%) e adição de açúcar neste produto. Ao contrário, o produto G, que apresentou maior teor de umidade (Tabela 4), teve a menor concentração de sólidos solúveis.

O sabor característico do tomate é resultado do balanço entre acidez e açúcar (PEDRO; FERREIRA, 2005). A relação SS/AT combina os componentes responsáveis pela acidez e doçura, sendo importante atributo de qualidade do tomate (MIGUEL et al., 2007). Segundo Lisiewska e Kmiecik (2000), valores de relação SS/AT maiores que 10 indicam ótima combinação entre açúcar e acidez, sendo correlacionado com sabor suave. Ao contrário, valores baixos de SS/AT indicam sabor ácido. Entre os produtos avaliados no presente estudo, apenas o produto C apresentou relação SS/AT abaixo de 10.

A composição centesimal e o teor de energia dos tomates secos em conserva analisados neste estudo são apresentados na Tabela 4. O teor médio de energia dos tomates secos avaliados foi 182,4 kcal, sendo menor no produto G e maior no produto B. O teor médio de glicídeos foi de 11,9 g.100 g<sup>-1</sup>, sendo maior nos produtos A e B, que receberam adição de açúcar de acordo com a lista de ingredientes de seus rótulos. Assim como observado em relação aos glicídeos, o teor de lipídeos também foi elevado, sendo a média geral igual a 12,8g.100g<sup>-1</sup>. Os produtos B e D apresentaram o maior e o menor teor de lipídeos, respectivamente.

Tabela 4 Composição centesimal e valor energético de tomates secos em conserva adquiridos no comércio varejista

Produtos (marcas comerciais)	Energia (kcal)	Umidade	Glicídeos	Lipídio	Proteína	FI*	FS*	Cinza
					%			
A	214,4 <sup>b</sup>	50,9 <sup>d</sup>	15,8 <sup>b</sup>	14,8 <sup>b</sup>	4,6 <sup>d</sup>	6,6 <sup>b</sup>	4,2 <sup>b</sup>	3,0 <sup>f</sup>
B	280,8 <sup>a</sup>	39,2 <sup>e</sup>	21,0 <sup>a</sup>	19,5 <sup>a</sup>	5,4 <sup>b,c</sup>	5,6 <sup>d</sup>	5,2 <sup>a</sup>	4,1 <sup>d</sup>
C	167,9 <sup>c,d</sup>	57,9 <sup>c</sup>	8,8 <sup>d</sup>	11,8 <sup>b,c,d</sup>	6,6 <sup>a</sup>	6,9 <sup>b</sup>	3,4 <sup>e,d</sup>	4,4 <sup>b,c</sup>
D	150,5 <sup>f</sup>	60,3 <sup>b</sup>	13,6 <sup>b,c</sup>	8,9 <sup>e</sup>	3,9 <sup>e</sup>	5,6 <sup>d</sup>	2,9 <sup>d</sup>	4,6 <sup>b</sup>
E	172,7 <sup>c</sup>	58,3 <sup>c</sup>	9,6 <sup>d</sup>	12,5 <sup>b,c</sup>	5,5 <sup>b</sup>	6,9 <sup>b</sup>	2,8 <sup>d</sup>	4,3 <sup>c</sup>
F	180,7 <sup>c</sup>	58,2 <sup>c</sup>	10,3 <sup>c,d</sup>	13,4 <sup>b,c</sup>	4,8 <sup>c,d</sup>	7,4 <sup>a</sup>	2,0 <sup>e</sup>	3,8 <sup>d</sup>
G	138,4 <sup>f</sup>	66,6 <sup>a</sup>	8,2 <sup>d</sup>	10,2 <sup>c,d</sup>	3,6 <sup>e</sup>	5,0 <sup>e</sup>	3,0 <sup>e,d</sup>	3,4 <sup>e</sup>
H	154,0 <sup>d,e</sup>	59,1 <sup>b,c</sup>	7,6 <sup>d</sup>	11,4 <sup>b,c,d</sup>	5,3 <sup>b,c</sup>	6,2 <sup>c</sup>	3,7 <sup>b,c</sup>	6,7 <sup>a</sup>
CV	3,3	1,0	10,1	9,4	4,3	2,2	7,9	2,0

\*FI = fibra insolúvel, FS = fibra solúvel. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

O tomate *in natura* é um alimento que apresenta baixo teor de energia ( $15 \text{ kcal.100g}^{-1}$ ), lipídeos ( $0,3\text{g.100g}^{-1}$ ) e carboidratos ( $3,1\text{g.100g}^{-1}$ ). Contrariamente, o tomate seco em conserva pode ser considerado rico em energia, glicídeos e lipídeos. Seu valor energético supera alimentos tradicionalmente ricos em energia, como o pão branco e o abacate, sendo aproximadamente três vezes maior que o valor energético do extrato de tomate (FAGUNDES et al., 2005; MONTEIRO et al., 2008; TABELA..., 2006). O nutriente que mais contribuiu para o elevado valor energético dos tomates secos foi o lipídio. Em média, 63% da energia total dos tomates secos eram provenientes dos lipídios. Cabe ressaltar que todos os produtos avaliados eram envasados em óleos vegetais, o que acarretou transferência de lipídeos aos tomates, elevando consideravelmente seu valor energético.

A utilização da sacarose no processo de desidratação osmótica do tomate tem sido adotada como pré-tratamento para reduzir o tempo final de secagem e preservar as características sensoriais do tomate (TONON; BARONI; HUBINGER, 2006). Porém, a adição de sacarose também influencia significativamente o valor energético do tomate seco. Dessa forma, é necessário buscar alternativas para a utilização de açúcares e lipídios no processamento e na conservação do tomate seco, visto que o elevado teor de energia desse produto pode contribuir para o aumento do peso corporal.

O teor final de umidade do tomate após a secagem influencia sua composição química, sabor, textura e aparência, podendo ser determinante para a escolha do consumidor. Há poucas informações sobre quais são as características ideais do tomate seco em conserva que propiciam maior aceitabilidade pelo consumidor. Os produtos avaliados neste estudo apresentaram alta variação no teor de umidade. A média geral de umidade dos tomates secos foi de 56,32%. Os produtos A e, principalmente, o produto H apresentaram umidade muito abaixo da média geral, enquanto o produto G

apresentou média muito acima. Os demais produtos apresentaram umidade próxima da média geral. Camargo, Haj-Isa e Queiroz (2007) observaram maior aceitação de tomates secos, com 35% de umidade em relação a tomates secos com 25% de umidade. Fagundes et al. (2005) avaliaram a influência da umidade na textura do tomate seco em conserva. Entre os tomates secos envasados em óleo, a textura mais apreciada pelos provadores foi a dos tomates secos, com umidade entre 55% e 65%.

O produto B apresentou alto teor de lipídeos, sendo 2,2 vezes maior que o produto D, que apresentou menor teor de lipídio entre os produtos avaliados (Tabela 4). A baixa umidade do produto B certamente contribuiu para o alto teor final de lipídeos desse produto. A média geral de lipídeos foi de 12,78%, caracterizando esse produto como alimento rico em lipídeos, decorrente dos óleos utilizados na conserva, uma vez que o tomate in natura apresenta baixo teor de lipídeos, cerca de 0,2%, conforme Tabela... (2006). O teor médio geral de proteínas nos produtos avaliados foi de 4,99%, sendo muito superior ao teor encontrado em outros produtos do tomate, como purês, molhos, extratos e semelhante a algumas leguminosas, como ervilha em conserva e feijão cozido, consideradas boas fontes de proteínas vegetais (TABELA..., 2006). Os produtos D e G apresentaram os menores valores de proteínas e o produto A, o maior teor de proteína entre os produtos avaliados.

Todos os produtos analisados apresentaram alto teor de fibra alimentar. As médias gerais de fibra alimentar, fibra insolúvel e fibra solúvel foram de 9,7, 6,3 e 3,4 mg.100g<sup>-1</sup>, respectivamente. O produto F apresentou o maior teor de fibras insolúveis e o menor de fibras solúveis. O produto B apresentou maior equilíbrio entre o teor de fibra insolúvel e solúvel, mas, em geral, o teor de fibras insolúveis foi superior ao de fibras solúveis. O baixo consumo de fibras tem sido associado ao aumento do risco de diversas doenças, como dislipidemias, doenças cardiovasculares, câncer de cólon, diabetes mellitus e obesidade (BROWN et al.,



1999; CERQUEIRA et al., 2008). Dessa forma, o consumo de produtos alimentícios com alto teor de fibras tem sido incentivado pelos órgãos de saúde no mundo inteiro. Neste contexto, a indústria de alimentos tem adicionado fontes concentradas de fibras para enriquecer seus produtos. Os tomates secos podem contribuir para aumentar a ingestão de fibras na dieta humana, pois uma porção de 40 g fornece, em média, 19,5% da recomendação diária (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA, 2005).

O teor de cinzas dos produtos avaliados variou substancialmente, sendo menor para o produto A e maior para o produto H (Tabela 4). Essa diferença entre os extremos provavelmente está associada ao teor de sódio desses produtos, pois, enquanto o produto A apresentou apenas  $0,11 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ , o produto H apresentou  $1,96 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ .

Os teores médios de minerais de tomates secos em conserva adquiridos no comércio varejista são apresentados na Tabela 5. Há uma tendência natural de aumentar a concentração dos minerais durante o processo de secagem de tomates, uma vez que estes são pouco afetados pelo tratamento térmico empregado na secagem e a remoção da água por evaporação não acarreta lixiviação, resultando em maiores concentrações de minerais no tomate seco em relação ao tomate *in natura*.

Tabela 5 Teor médio de minerais na matéria integral de tomates secos em conserva adquiridos no comércio varejista

Produtos (marcas comerciais)	mg.100g <sup>-1</sup>									
	P	K	Ca	Mg	Mn	S	Cu	Zn	Fe	Na
A	69,1 <sup>d</sup>	1051,5 <sup>b</sup>	55,9 <sup>b</sup>	34,5 <sup>e</sup>	0,04 <sup>a</sup>	65,8 <sup>e</sup>	0,13 <sup>d</sup>	0,69 <sup>b,c</sup>	1,4 <sup>e</sup>	11,9 <sup>e</sup>
B	66,7 <sup>d</sup>	1232,7 <sup>a</sup>	34,3 <sup>e</sup>	50,5 <sup>b</sup>	0,23 <sup>c,d</sup>	68,8 <sup>e</sup>	0,24 <sup>b,c</sup>	0,75 <sup>a,b</sup>	6,9 <sup>a</sup>	620,1 <sup>d</sup>
C	74,8 <sup>c,d</sup>	862,5 <sup>c,d</sup>	70,6 <sup>a</sup>	59,3 <sup>a</sup>	0,43 <sup>a</sup>	320,9 <sup>c</sup>	0,27 <sup>b</sup>	0,78 <sup>a</sup>	4,6 <sup>b</sup>	919,1 <sup>b</sup>
D	80,2 <sup>b,c</sup>	862,8 <sup>c,d</sup>	36,8 <sup>c,d</sup>	43,3 <sup>c</sup>	0,16 <sup>c,d</sup>	360,3 <sup>a,b</sup>	0,17 <sup>c,d</sup>	0,57 <sup>d</sup>	2,1 <sup>d,e</sup>	918,8 <sup>b</sup>
E	83,0 <sup>b,c</sup>	884,4 <sup>c</sup>	42,9 <sup>c</sup>	41,5 <sup>c,d</sup>	0,14 <sup>d</sup>	338,1 <sup>b,c</sup>	0,23 <sup>b,c</sup>	0,65 <sup>c,d</sup>	3,8 <sup>b,c</sup>	819,1 <sup>b,c</sup>
F	86,6 <sup>b</sup>	924,9 <sup>c</sup>	54,4 <sup>b</sup>	50,3 <sup>b</sup>	0,25 <sup>b,c</sup>	364,6 <sup>a</sup>	0,26 <sup>b</sup>	0,68 <sup>b,c</sup>	2,9 <sup>c,d</sup>	759,4 <sup>c</sup>
G	56,8 <sup>e</sup>	585,1 <sup>e</sup>	43,4 <sup>c</sup>	36,7 <sup>d,e</sup>	0,18 <sup>c,d</sup>	240,7 <sup>d</sup>	0,22 <sup>b,c</sup>	0,56 <sup>d</sup>	2,2 <sup>d,e</sup>	765,6 <sup>c</sup>
H	101,8 <sup>a</sup>	812,1 <sup>d</sup>	66,6 <sup>a</sup>	57,2 <sup>a</sup>	0,33 <sup>b</sup>	78,9 <sup>e</sup>	0,38 <sup>a</sup>	0,61 <sup>c,d</sup>	2,3 <sup>d,e</sup>	1956,8 <sup>a</sup>
CV	4,5	2,7	5,3	4,0	15,1	3,7	12,0	4,9	12,1	5,1

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

Os baixos valores de minerais encontrados para o produto G podem ser explicados, em parte, pelo maior percentual de umidade presente neste tomate seco em relação aos demais. O tomate *in natura* já é considerado boa fonte de potássio, entretanto, os teores encontrados nos tomates secos os colocam como uma das melhores fontes deste mineral disponíveis para consumo humano. Estudos epidemiológicos mostram associação inversa entre a ingestão de potássio e a pressão sanguínea (HAJJAR et al., 2001). Outro ponto positivo do tomate seco foi o teor de ferro encontrado na amostras analisadas. Apesar da grande variação observada, o tomate seco pode ser considerado boa fonte de ferro, superando a maioria dos vegetais, inclusive o feijão cozido. Além disso, a presença de vitamina C no tomate seco potencializa a absorção do ferro não heme, pois mantém o ferro no estado ferroso e forma o quelato ferro-ascorbato, que apresenta boa solubilidade, aumentando sua biodisponibilidade (FANTINI et al., 2008; OSÓRIO, 2002).

O teor de enxofre apresentou grandes diferenças entre os produtos avaliados. Os produtos C, D, E e F apresentaram teores de enxofre aproximadamente dez vezes maiores que em tomates *in natura* avaliados por Borguini (2006), que encontrou teores de enxofre entre 6,7 e 10,3 mg%. Segundo Isque, Cardello e Faria (1998), o excesso de enxofre pode estar relacionado à presença de compostos sulfurados, com efeitos negativos sobre as características sensoriais dos alimentos.

O tomate *in natura* é pobre em sódio, com cerca de 1 mg.100g<sup>-1</sup>, enquanto os produtos processados, como extratos (498 mg.100g<sup>-1</sup>) e purês (104 mg.100g<sup>-1</sup>), apresentam valores elevados (TABELA..., 2006). Embora o produto A tenha apresentado baixo teor de sódio, os demais produtos apresentaram teor elevado de sódio, principalmente o produto H, com quase 2 g.100g<sup>-1</sup> de sódio. Esse produto foi produzido por meio de secagem ao sol e, provavelmente, a adição de sal (NaCl) foi utilizada em grande proporção, para auxiliar a remoção

de água e proporcionar melhor conservação do produto final, visto que esse foi o produto com maior prazo de validade dentre os avaliados. O consumo excessivo de sódio está associado à elevação da pressão arterial, que aumenta o risco de doenças cardiovasculares e renais (INSTITUTE OF MEDICINE/FOOD AND NUTRITION BOARD, 2004). Dessa forma, é necessário buscar alternativas para a adição excessiva do sal no tomate seco, que compromete seu consumo por seres humanos.

Os percentuais de valores diários recomendados atingidos com a ingestão de uma porção de 40 g de tomate seco ou 100 g de cada produto são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 Média geral do teor de minerais em tomates secos em conserva e percentual de valores diários de referência

Nutrientes	Media geral (mg.100g <sup>-1</sup> )	%VD*	
		Porção de 40 g	Porção de 100g
Fósforo	56,80	3,2	8,1
Potássio**	902,00	7,7	19,2
Cálcio	50,72	2,5	6,3
Magnésio	46,70	7,2	18,0
Manganês	0,23	4,0	10,0
Cobre	0,25	11,1	27,8
Zinco	0,66	3,8	9,43
Ferro	3,31	9,4	23,6
Sódio	850,59	14,2	35,4
Enxofre	229,8	-	-

\*Percentual de valores diários de referência com base em uma dieta de 2.000 kcal ou 8400 kJ. (ANVISA, 2005). \*\*foi considerada a recomendação diária de 4700 mg, que corresponde á recomendação para adultos, conforme Institute of Medicine/Food and Nutrition Board (2004)

Considerando a média geral para cada mineral, obtida a partir dos resultados individuais de cada produto analisado, pôde-se verificar que os minerais potássio, magnésio, cobre, ferro e sódio apresentaram elevado %VD, considerando o consumo de uma porção diária.

Os teores médios de compostos antioxidantes de tomates secos são apresentados na Tabela 7. O tomate e seus produtos são considerados boas fontes de substâncias antioxidantes, como compostos fenólicos, ácido ascórbico e carotenoides, principalmente o licopeno. A concentração dessas substâncias antioxidantes depende do estágio de maturação, da cultivar, do clima, das condições de processamento e do armazenamento (BUGIANESI et al., 2004; MARTINEZ-VALVERDE et al., 2002; MORITZ; TRAMONTE, 2006).

Tabela 7 Teor médio de compostos antioxidantes de tomates secos em conserva adquiridos no comércio varejista

Produtos (marcas comerciais)	Licopeno ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	$\beta$ -caroteno ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )	Fenólicos totais ( $\text{mgEAG}\cdot 100\text{g}^{-1}$ )	Vitamina C ( $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ )
A	98,0 <sup>b,c</sup>	21,9 <sup>a</sup>	165,8 <sup>e,f</sup>	35,2 <sup>d</sup>
B	145,3 <sup>a</sup>	21,8 <sup>a</sup>	261,2 <sup>d</sup>	48,3 <sup>c</sup>
C	123,9 <sup>a,b</sup>	12,8 <sup>a,b</sup>	331,0 <sup>b</sup>	70,7 <sup>a</sup>
D	114,5 <sup>a,b</sup>	11,3 <sup>b</sup>	262,2 <sup>d</sup>	27,1 <sup>f</sup>
E	141,5 <sup>a</sup>	10,6 <sup>b</sup>	390,4 <sup>a</sup>	63,7 <sup>b</sup>
F	100,4 <sup>b,c</sup>	8,7 <sup>b</sup>	299,1 <sup>c</sup>	32,1 <sup>d,e</sup>
G	72,9 <sup>c</sup>	14,8 <sup>a,b</sup>	177,8 <sup>e</sup>	26,6 <sup>f</sup>
H	98,8 <sup>b,c</sup>	11,9 <sup>a,b</sup>	160,6 <sup>g</sup>	30,2 <sup>e,f</sup>
CV	12,1	15,7	2,2	3,1

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

Os produtos B e E apresentaram as maiores concentrações de licopeno, enquanto o produto G apresentou o menor teor. Cabe ressaltar que o produto G tem maior teor de umidade, o que implica em menor concentração do licopeno. O teor de  $\beta$ -caroteno foi maior nos produtos A e B e menor no produto F (Tabela 7). A variação do teor de licopeno e  $\beta$ -caroteno também foi observada em outros produtos de tomate. Baraska, Tze e Shulz (2006) encontraram variações de 536% e 169% no teor de licopeno em ketchups e massas de tomate, respectivamente. Toor, Savage e Heeb (2006) avaliaram o teor de licopeno em tomates desidratados de três cultivares. Os autores encontraram diferenças significativas do teor de licopeno entre as cultivares, variando de 66,1 a 130,8  $\mu\text{g/g}$  e com umidade entre 78,2% a 84,1%. Muratore et al. (2008) encontraram teores de licopeno entre 230,5 a 297,7  $\mu\text{g/g}$  e de  $\beta$ -caroteno de 101,8 a 167,7  $\mu\text{g/g}$ , em tomates desidratados sob diferentes condições e com teor final de umidade entre 58% e 61%. A presença de luz, oxigênio e altas temperaturas ( $>100^\circ\text{C}$ ) favorece a redução dos carotenoides (MAYEAUX et al., 2006; ZANONI et al., 1999). As temperaturas e o tempo de secagem dos produtos

avaliados neste estudo não são conhecidos, mas, em geral, são empregadas temperaturas entre 60° e 90°C para secagem de tomates.

O teor de fenólicos totais variou significativamente entre os produtos avaliados, tendo os produtos E e H apresentado o maior e o menor teor de fenólicos totais, respectivamente (Tabela 7). Muratore et al. (2006) encontraram valores entre 52 e 74 mg.100g<sup>-1</sup> em tomates desidratados a 42°C, por 19 horas, com umidade final entre 78,2° e 84,1%. Borguini (2006) encontrou maior teor de fenólicos totais no molho (244 mgEAG.100g<sup>-1</sup>) do que no purê (211 mgEAG.100g<sup>-1</sup>) de tomates cultivados em sistema convencional. O tratamento térmico favorece a liberação de compostos fenólicos e licopeno da matriz celular, podendo aumentar seus conteúdos em tomates submetidos ao processamento térmico, melhorando o valor nutricional do tomate (DEWANTO et al., 2002).

O tomate é considerado boa fonte de vitamina C. O teor de vitamina C foi maior nos produtos A e E e menor nos produtos G e D. Toor, Savage e Heeb (2006) encontraram teores de ácido ascórbico semelhantes aos da maioria dos tomates secos avaliados no presente estudo. Os autores encontraram teor de vitamina C entre 35,3 e 46,5 mg.100g<sup>-1</sup> em tomates desidratados a 42°C, por 19 horas, atingindo umidade final de aproximadamente 80%. Borguini (2006) encontrou teor médio de ácido ascórbico igual a 22,68 mg.100g<sup>-1</sup>, em tomates inteiros produzidos no sistema convencional. A autora produziu um molho coccionando o tomate por 106 minutos, a 90°C e encontrou teor médio de ácido ascórbico igual 24,62 mg.100g<sup>-1</sup>, após o processamento. Sanchez-Moreno et al. (2006) avaliaram o teor de vitamina C em sete tipos de sucos de tomate pasteurizados obtidos no comércio e encontraram valores entre 16,6 a 67,6 mg.100mL<sup>-1</sup>. Os resultados dos estudos apresentados e os do presente estudo mostram a grande variação do teor de vitamina C em produtos processados do tomate. A temperatura e a presença de ar são os fatores que mais afetam a retenção da vitamina C nos produtos de tomates submetidos ao aquecimento,

como o tomate seco (DEWANTO et al., 2002). Dessa forma, a variação do teor de vitamina C nos produtos analisados neste estudo provavelmente está associada às diferentes condições de processamento utilizadas e à utilização de matérias-primas diferentes, com teor inicial de vitamina C distinto.

A presença de compostos fenólicos, ácido ascórbico e, principalmente, do licopeno coloca o tomate entre os alimentos com alto potencial antioxidante (DJURIC; POWELL, 2001). Contudo, as diversas técnicas utilizadas para desidratar tomates podem afetar significativamente a concentração dos seus componentes antioxidantes e sua atividade antioxidante (YAHIA et al., 2006).

A atividade antioxidante total (AAT) dos extratos hidrofílico e hidrofóbico dos tomates secos em conserva avaliada pelo método do sequestro do radical livre DPPH é apresentada no Gráfico 1.

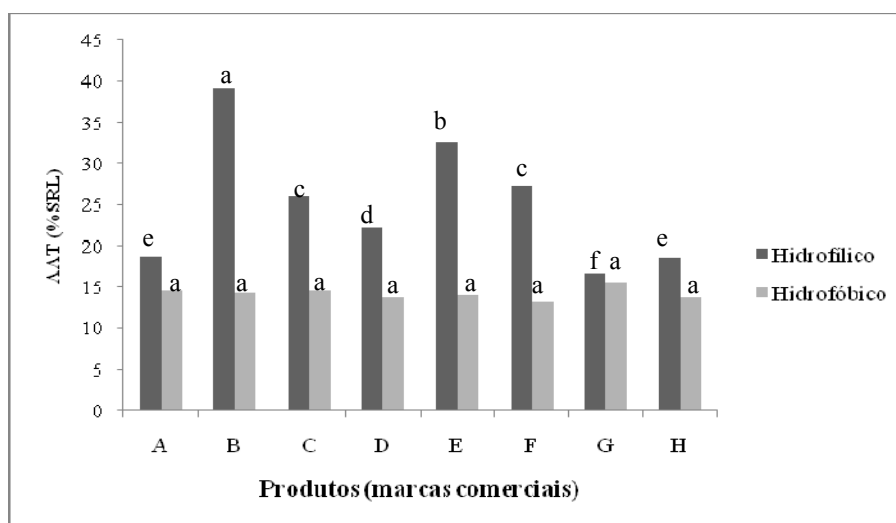


Gráfico 1 Atividade antioxidante total (AAT) dos extratos hidrofílico e hidrofóbico dos tomates secos em conserva pelo método do sequestro do radical DPPH. Concentração dos extratos [1,25 mg.mL<sup>-1</sup>]. Colunas com mesma cor e com letras iguais não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade



Este método se baseia na transferência de um átomo de hidrogênio de compostos antioxidantes presentes na amostra em análise para o radical livre DPPH•, sendo amplamente utilizado para avaliar a atividade antioxidante de frutos por ser um recurso fácil e preciso (DUARTE-ALMEIDA et al., 2006; LEONG; SHUI, 2002).

Em geral, os extratos hidrofílicos apresentaram maior capacidade de sequestrar os radicais DPPH que os extratos hidrofóbicos (Gráfico 1). Outros autores também observaram situação semelhante para extratos hidrofílicos e hidrofóbicos de tomates e/ou produtos de tomates (DJURIC; POWELL, 2001; LARROSA; ESPÍN; TOMÁS-BABERÓN, 2003; TOOR; SAVAGE; HEEB, 2006). Há também estudos que mostram melhor desempenho do extrato hidrofóbico (BORGUINI, 2006; ISHIDA; CHAPMAN, 2004).

Não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as atividades antioxidantes do extrato hidrofóbico dos produtos analisados. O percentual de sequestro de radical livre (%SRL) do extrato hidrofóbico (rico em carotenoides) variou de 13,13% a 15,56%. Por outro lado, as atividades antioxidantes dos extratos hidrofílicos (ricos em compostos fenólicos e ácido ascórbico) apresentaram diferenças significativas, tendo o produto B apresentado a maior atividade antioxidante (%SRL = 39,15%) e o produto G, a menor (%SRL = 16,66%) (Gráfico 1). O 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilchroman-2-ácido carboxílico (Trolox), que é um composto antioxidante análogo à vitamina E, porém, de natureza hidrofílica, foi utilizado como antioxidante de referência. O Trolox, utilizado na concentração de 0,2mg/mL, apresentou %SRL médio igual a 94,67%.

A atividade antioxidante de um alimento é resultado da ação de cada um de seus componentes antioxidantes. Além disso, os componentes antioxidantes de um alimento podem interagir entre si, podendo produzir efeitos sinérgicos ou inibitórios (KUSKOSKI et al., 2005). Assim, a atividade antioxidante total de

um alimento pode ser maior ou menor que a soma da atividade antioxidante de cada composto avaliado separadamente. Outro aspecto importante sobre a atividade antioxidante de alimentos é que ela varia substancialmente com as concentrações dos extratos e a polaridade de solventes utilizados para extração dos compostos antioxidantes (ROBARDS et al., 1999; SANCHEZ-MORENO et al., 2006).

Os produtos A, G e H, que apresentaram menor atividade antioxidante no extrato hidrofílico, também apresentaram menor teor de compostos fenólicos. Os compostos fenólicos são potentes agentes antioxidantes e a atividade antioxidante, observada em diversos vegetais, está diretamente relacionada à presença de compostos fenólicos (FANG et al., 2009). O aquecimento induz à formação de compostos resultantes da reação de Maillard, que podem ter alguma atividade antioxidante, contribuindo para a AAT do produto final (TOOR; SAVAGE; HEEB, 2006).

A AAT dos extratos hidrofílico e hidrofóbico dos tomates secos em conserva avaliada pelo método do  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico é apresentada na Gráfico 2.

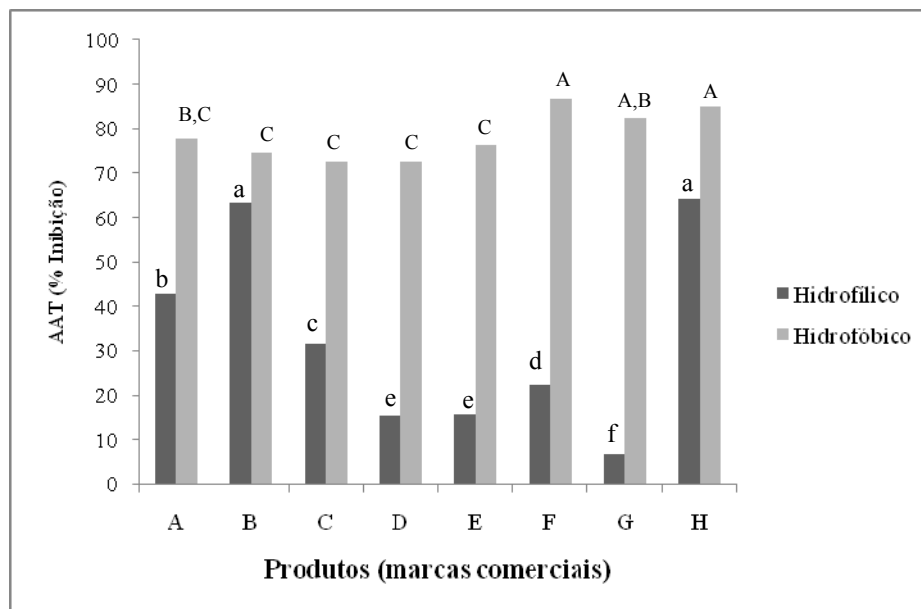


Gráfico 2 Atividade antioxidante total (AAT) dos extratos hidrofílico e hidrofóbico dos tomates secos em conserva, pelo método do  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico. Concentração dos extratos [ $1,25 \text{ mg.mL}^{-1}$ ]. Colunas com mesma cor e com letras iguais não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Foram utilizadas letras minúsculas para comparar a AAT do extrato hidrofílico e letras maiúsculas para comparar a AAT do extrato hidrofóbico

O sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico é constituído por uma emulsão, sendo considerado um sistema aquoso-lipídico. Esse método estima a capacidade dos compostos antioxidantes presentes nos extratos das amostras de sequestrar os radicais peroxil do ácido linoleico que, quando formado, tende a oxidar o  $\beta$ -caroteno presente na solução, produzindo a descoloração da mesma (KAUR; KAPOOR, 2002).

Ao contrário dos resultados observados no método DPPH, o extrato hidrofóbico apresentou maior AAT que o extrato hidrofílico no método do  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico. O extrato hidrofóbico de todos os tratamentos apresentou alta AAT, com percentual de inibição entre 72,5% a 86,65%. Neste

sistema, o antioxidante padrão Trolox apresentou percentual de inibição (%I) médio igual a 79,93%. Os produtos F, G e H apresentaram percentual de inibição superior ao antioxidante padrão. O extrato hidrofóbico dos tomates secos é rico em compostos apolares, como o  $\beta$ -caroteno e, principalmente, o licopeno. Segundo Basuny, Gaafar e Arafat (2009), o licopeno é altamente eficiente para neutralizar radicais resultantes da peroxidação lipídica, protegendo as membranas celulares e lipoproteínas.

Borguini (2006) encontrou maior atividade antioxidante no molho de tomate em relação ao tomate inteiro, medido pelo sistema  $\beta$ -caroteno ácido linoleico. O percentual de inibição variou de 18,4% a 20,7% para extratos de molho de tomate liofilizados na concentração de 0,025 mg.mL<sup>-1</sup>. A autora encontrou maior atividade antioxidante para os extratos alcoólico (40,9% a 1,0 mg.mL<sup>-1</sup>) e aquoso (43,0% a 1,0mg.mL<sup>-1</sup>). Shen, Chen e Wang (2007) encontraram maior percentual de inibição da peroxidação lipídica em extratos de tomates aquecidos a 100°C, por 30 minutos, com alto teor de licopeno em relação a extratos ricos em compostos fenólicos ou ácido ascórbico. Os autores encontraram percentual de inibição da peroxidação lipídica igual a 76,1% e 56,9% para extratos ricos em licopeno e compostos fenólicos a 0,5 mg.mL<sup>-1</sup>, respectivamente.

Os extratos hidrofílicos dos produtos apresentaram atividades antioxidantes distintas. Enquanto os extratos dos produtos B e H apresentaram alto percentual de inibição de oxidação lipídica (>60%), os extratos hidrofílicos dos produtos D, E, F e G apresentaram baixo percentual de inibição (<22%). Segundo Lavelli, Peri e Rizzolo (2000), o processamento do tomate aumenta a atividade antioxidante da fração lipofílica e reduz da fração hidrofílica em relação ao tomate *in natura*.

Segundo Martinez-Valverde et al. (2002), a atividade antioxidante de tomates depende do solvente utilizado para extração e do método analítico

utilizado. Além disso, nenhum componente antioxidante isolado pode explicar a atividade antioxidante total do tomate, provavelmente devido aos efeitos sinérgicos entre os antioxidantes presentes.

Vários métodos têm sido utilizados para determinar a atividade antioxidante *in vitro* e *in vivo*, no entanto, não há um método que seja universal para todos os extratos de plantas e alimentos (NIKI, 2002). A existência de vários métodos para avaliar a atividade antioxidante acarreta dificuldade de seleção da metodologia mais adequada para um determinado estudo. Além disso, as diferentes condições de ensaio utilizadas (concentrações, pH, tempo de oxidação, temperaturas, oxigenação) dificultam a interpretação e a comparação dos resultados obtidos (QUEIROZ, 2006).

Cabe ressaltar que os testes *in vitro* têm o propósito de avaliar o potencial antioxidante de amostras de alimentos, sendo necessárias pesquisas mais detalhadas para extrapolar os resultados para sistemas *in vivo*.

#### 4 CONCLUSÕES

Os dados obtidos confirmam a falta de padronização do processamento de obtenção do tomate seco, o que gera produtos com características distintas em relação à massa das fatias, pH, AT, SS, SS/AT, teor de macro e micronutrientes, energia, umidade, compostos antioxidantes e atividade antioxidante.

Todos os produtos, exceto o produto C, apresentaram relação SS/AT compatível com sabor suave adequado para o tomate seco.

Os produtos A, B e G apresentaram grau de desidratação distinto dos demais.

Os tomates secos apresentaram alto teor de energia, carboidratos e lipídeos, principalmente os produtos A e B.

Todos os tomates secos apresentaram alto teor de fibra alimentar, constituindo boa fonte destes compostos.

Os tomates secos são boas fontes de minerais, especialmente potássio, magnésio, cobre, ferro e sódio.

Com exceção do produto A, os demais apresentaram elevado teor de sódio, o que inviabiliza o consumo desses produtos por indivíduos portadores de hipertensão. Recomendam-se o consumo moderado para indivíduos saudáveis e o uso de técnicas de obtenção de tomates secos que não elevem o teor de sódio do produto final.

O teor de compostos antioxidantes (licopeno,  $\beta$ -caroteno, compostos fenólicos e vitamina C) foi superior ao valor normalmente encontrado no tomate *in natura*. Os produtos C e E apresentaram os maiores teores de compostos antioxidantes.

A atividade antioxidante total foi dependente do solvente e do método utilizado, tendo o extrato hidrofilico apresentado maior AAT no método do

sequestro do radical DPPH e o extrato hidrofóbico no método do sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico.

Os tomates secos apresentaram alto potencial antioxidante, principalmente considerando a atividade antioxidante total do extrato hidrofóbico detectada no método do sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Rotulagem nutricional obrigatória**: manual de orientação às indústrias de alimentos. Brasília, 2005. 44 p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of the Association of the Agricultural Chemists**. Washington, 1997. 1094 p.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Washington, 1998. 1094 p.
- BARANSKA, M.; TZE, W. S.; SHULZ, H. Determination of lycopene and  $\beta$ -carotene content in tomato fruits and related products: comparison of FT-Raman, ATR-IR, and NIR spectroscopy. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 78, n. 24, p. 8456-8461, Dec. 2006.
- BASUNY, A. M.; GAAFAR, A. M.; ARAFAT, S. M. Tomato lycopene is a natural antioxidant and can alleviate hypercholesterolemia. **African Journal of Biotechnology**, Pretoria, v. 8, n. 23, p. 6627-6633, 2009.
- BORGUINI, R. G. **Avaliação do potencial antioxidante e de algumas características físico-químicas do tomate (*Lycopersicon esculentum*) orgânico em comparação ao convencional**. 2006. 178 p. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- BROWN, L. et al. Cholesterol-lowering effects of dietary fiber: a meta-analysis. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 69, n. 1, p. 30-42, Jan. 1999.
- BUGIANESI, R. et al. Effect of domestic cooking on human bioavailability of naringenin, chlorogenic acid, lycopene and carotene in cherry tomatoes. **European Journal of Nutrition**, London, v. 43, n. 6, p. 360-366, Dec. 2004.
- 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, set./out. 2007.
- CERQUEIRA, P. M. et al. Efeito da farinha de semente de abóbora (*Cucurbita maxima*, L.) sobre o metabolismo glicídico e lipídico em ratos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 129-136, mar./abr. 2008.



CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

DEWANTO, V. et al. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 50, n. 10, p. 3010-3014, Apr. 2002.

DJURIC, Z.; POWELL, L. C. Antioxidant capacity of lycopene-containing foods. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, Hants, v. 52, n. 2, p. 143-149, Feb. 2001.

DUARTE-ALMEIDA, J. M. et al. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema  $\beta$ -Caroteno/ácido linoléico e método de seqüestro de radicais DPPH•. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 446-452, abr./jun. 2006.

FAGUNDES, A. F. et al. Influência do grau de umidade na textura de tomate seco refrigerado ou envasado em óleo. **Revista da UEPG Ciências Exatas Terra, Ciências Agrárias Engenharia**, Ponta Grossa, v. 11, n. 1, p. 35-42, abr. 2005.

FANG, Z. et al. Phenolic compounds and antioxidant capacities of bayberry juices. **Food Chemistry**, London, v. 113, n. 4, p. 884-888, Apr. 2009.

FANTINI, A. P. et al. Disponibilidade de ferro em misturas de alimentos com adição de alimentos com alto teor de vitamina C e de cisteína. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 435-439, abr./jun. 2008.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

HAJJAR, I. M. et al. Impact of diet on blood pressure and age-related changes in blood pressure in the US population. **Archives International of Medicine**, London, v. 161, n. 4, p. 589-593, Feb. 2001.

INSTITUTE OF MEDICINE/FOOD AND NUTRITION BOARD. **Dietary reference intakes for water, potassium, sodium, chloride, and sulfate**. Washington: National Academy, 2004. 617 p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo, 1985. v. 1, 371 p.

ISHIDA, B. K.; CHAPMAN, M. H. A comparison of carotenoid content and total antioxidant activity in catsup from several commercial sources in the United States. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 52, n. 26, p. 8017-8020, July 2004.

ISQUE, W. D.; CARDELLO, H. M. A. B.; FARIA, J. B. Teores de enxofre e aceitabilidade de aguardentes de cana brasileiras. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 256-359, maio/jun. 1998.

KAUR, C.; KAPOOR, H. C. Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 37, n. 2, p. 153-161, Feb. 2002.

KUSKOSKI, E. M. et al. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidant en pulpa de frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 726-732, out./dez. 2005.

LARROSA, M.; ESPÍN, J. C.; TOMÁS-BABERÓN, F. A. Antioxidant capacity of tomato juice functionalised with enzymatically synthesized hydroxytyrosol. **Journal Science Food Agricultural**, London, v. 83, n. 7, p. 658-666, May 2003.

LAVELLI, V.; PERI, C.; RIZZOLO, A. Antioxidant activity of tomato products as studied by model reaction using xanthine oxidase, myeloperoxidase, and koper-induced lipid peroxidation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 48, n. 5, p. 1442-1448, Apr. 2000.

LEONG, L. P.; SHUI, G. An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. **Food Chemistry**, London, v. 76, n. 1, p. 69-75, Jan. 2002.

LISIEWSKA, S.; KMIECIK, W. Effect of storage period and temperature on the chemical composition and organoleptic quality of frozen tomato cubes. **Food Chemistry**, London, v. 70, n. 2, p. 167-173, Aug. 2000.

MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. **Alimentos, nutrição & dietoterapia**. 10. ed. São Paulo: Roca, 2002. 1157 p.

MARTINEZ-VALVERDE, I. et al. Phenolic compounds, lycopene and antioxidant activity in commercial varieties of tomato (*Lycopersicon esculentum*). **Journal Science Food Agriculture**, London, v. 82, n. 3, p. 323-330, Feb. 2002.

MAYEAUX, M. et al. Effects of cooking conditions on the lycopene content in tomatoes. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 71, n. 8, p. 461-464, Aug. 2006.

MELO, P. C. T.; VILELA, N. J. Desafios e perspectivas para a cadeia brasileira do tomate para processamento industrial. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 154-157, jan./mar. 2005.

MIGUEL, A. C. A. et al. Qualidade de tomate 'Débora' minimamente processado armazenado em dois tipos de embalagens. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 4, p. 582-585, jul./ago. 2007.

MONTEIRO, C. S. et al. Qualidade nutricional e atividade antioxidante do tomate tipo "italiano". **Alimentaria Nutricional**, Araraquara, v. 19, n. 1, p. 25-31, jan./mar. 2008.

MORITZ, B.; TRAMONTE, V. L. C. Biodisponibilidade do licopeno. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 9, n. 2, p. 265-273, 2006.

MURATORE, G. et al. Partial dehydration of cherry tomato at different temperature and nutritional quality of the products. **Food Chemistry**, London, v. 111, n. 4, p. 887-891, Dec. 2008.

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

NIKI, E. Antioxidant activity: are we measuring it correctly? **Nutrition**, London, v. 16, n. 6, p. 524-525, Dec. 2002.

OSÓRIO, M. M. Fatores determinantes da anemia em crianças. **Jornal de Pediatria**, Rio de Janeiro, v. 78, n. 4, p. 269-278, 2002.

PEDRO, A. M. K.; FERREIRA, M. M. C. Non-destructive determination of solids and carotenoids in tomato products by near infrared spectroscopy and multivariate calibration. **Analytical Chemistry**, London, v. 77, n. 8, p. 2505-2511, Mar. 2005.

QUEIROZ, Y. S. **Alho (*Allium sativum*) e produtos: atividade antioxidante in vitro durante a vida de prateleira.** 2006. 128 p. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

ROBARDS, K. et al. Phenolic compounds and their role in oxidative processes in fruits. **Food Chemistry**, London, v. 66, n. 4, p. 401-436, Sept. 1999.

RUFINO, M. S. M. et al. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas no sistema  $\beta$ -caroteno/Ácido Linoléico.** Brasília: EMBRAPA, 2006. 16 p. (Comunicado Técnico, 126).

\_\_\_\_\_. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH.** Brasília: EMBRAPA, 2007. 12 p. (Comunicado Técnico, 127).

SÁNCHEZ-MORENO, C. et al. Nutritional characterisation of commercial traditional pasteurised tomato juices: carotenoids, vitamin C and radical-scavenging capacity. **Food Chemistry**, London, v. 98, n. 4, p. 749-756, Sept. 2006.

SHEN, Y. C.; CHEN, S. L.; WANG, C. K. Contribution of tomato phenolics to antioxidation and down-regulation of blood lipids. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 55, n. 16, p. 6475-6480, Aug. 2007.

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

TABELA brasileira de composição de alimentos. Campinas: NEPA/UNICAMP, 2006. 105 p.

TONON, R. V.; BARONI, A. F.; HUBINGER, M. D. Estudo da desidratação osmótica de tomate em soluções ternárias pela metodologia de superfície de resposta. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 715-723, jul./set. 2006.

TOOR, R. K.; SAVAGE, G. P.; HEEB, A. Influence of different types of fertilisers on the major antioxidant components of tomatoes. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 19, n. 1, p. 20-27, Feb. 2006.

WATERHOUSE, A. L. Polyphenolics: determination of total phenolics. In: WROLSTAD, R. E. **Current protocols in food analytical chemistry.** New York: J. Wiley, 2002. p. 11-18.

YAHIA, E. et al. Postharvest hot air treatment effects on the antioxidant system in stored mature-green tomatoes. **Postharvest Biology and Technology**, London, v. 44, n. 2, p. 107-115, May 2007.

ZANONI, B. et al. Oxidative heat damage of tomato halves as affected by drying. **Food Research International**, Barking, v. 31, n. 5, p. 395-401, Sept. 1999.