

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO –  
CAMPUS RIO VERDE  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**POTENCIALIDADES FUNCIONAIS DO TOMATE SALADA  
FRESCO E DESIDRATADO SOB DIFERENTES CONDIÇÕES**

Autora: Rafaela da Silva Ladislau  
Orientador: D.Sc. Celso Martins Belisário

Rio Verde, Goiás  
Abril, 2018

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO –  
CAMPUS RIO VERDE  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**POTENCIALIDADES FUNCIONAIS DO TOMATE SALADA  
FRESCO E DESIDRATADO SOB DIFERENTES CONDIÇÕES**

Autora: Rafaela da Silva Ladislau

Orientador: DSc. Celso Martins Belisário

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, no Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Linha de pesquisa: Pós-colheita e processamento de grãos e vegetais.

Rio Verde, Goiás

Abril, 2018

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

LR136p Ladislau, Rafaela da Silva  
POTENCIALIDADES FUNCIONAIS DO TOMATE SALADA  
FRESCO E DESIDRATADO SOB DIFERENTES CONDIÇÕES /  
Rafaela da Silva Ladislau; orientador Celso Martins  
Belisário; co-orientadora Geovana Rocha Plácido. --  
Rio Verde, 2018.  
37 p.

Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação  
em Tecnologia de Alimentos) -- Instituto Federal  
Goiano, Câmpus Rio Verde, 2018.

1. Compostos bioativos. 2. Osmose . 3. Secagem .  
4. Conservação de Alimentos. I. Belisário, Celso  
Martins, orient. II. Plácido, Geovana Rocha, co-  
orient. III. Título.


**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

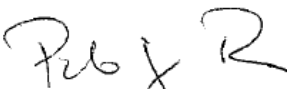
**POTENCIALIDADES FUNCIONAIS DO TOMATE  
SALADA FRESCO E DESIDRATADO SOB DIFERENTES  
CONDIÇÕES**

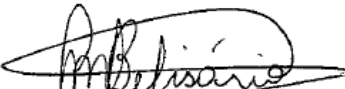
Autora: Rafaela da Silva Ladislau  
Orientador: Celso Martins Belisário

TITULAÇÃO: Mestre em Tecnologia de Alimentos – Área de Concentração  
em Tecnologia e Processamento de Alimentos.

APROVADA em 09 de fevereiro de 2018.

  
Dr<sup>a</sup>. Mariana Buranelo Egea  
Avaliadora interna  
IF Goiano/Rio Verde

  
Dr. Paulo Sérgio Pereira  
Avaliador externo  
IF Goiano/Rio Verde

  
Dr. Celso Martins Belisário  
Presidente da banca  
IF Goiano/Rio Verde

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. O tomate e sua composição química.....	1
1.2. Fenologia do tomate.....	4
1.3. Industrialização do tomate: principais métodos.....	6
1.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	9
2. OBJETIVOS.....	14
3. CAPÍTULO I.....	15
3.1 INTRODUÇÃO.....	17
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.2.1 Aquisição dos frutos.....	20
3.2.2 Preparação das amostras.....	21
3.2.3 Desidratação osmótica.....	21
3.2.4 Determinação de carotenoides.....	21
3.2.5 Determinação de vitamina A.....	21
3.2.6 Avaliação da atividade antioxidante.....	22
3.2.7 Quantificação de sólidos solúveis (SS), acidez total titulável (ATT) e pH 22	
3.2.8 Tratamento Estatístico.....	22
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	23
3.4 CONCLUSÃO.....	27
3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Representações estruturais do Beta-Caroteno e do Licopeno. Principais carotenoides presentes no tomate (SILVA et al., 2010). .....	1
Figura 2: Estrutura química do ácido gálico (SOUZA FILHO et al.,2006). .....	3
Figura 3: Visão geral das partes componentes do tomate (Fonte: Elaborada pelo autor). 6	
Figura 5: Espectro de UV/Vis a partir da varredura de 300 a 600 nm do tomate desidratado e seco a 60 °C. ....	25

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Análises físico-químicas realizadas em tomate fresco e desidratado em Estufa Convencional e com circulação de ar forçada, com e sem tratamento osmótico. ....	23
Tabela 2: Quantificação de carotenoides, Beta caroteno, Vitamina A e Atividade Antioxidante em frutos frescos, desidratados em Secagem Convencional, Com Circulação, com ou sem pré-tratamento osmótico.....	26

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. O tomate e sua composição química

O tomate (*Solanum lycopersicum*) é um alimento amplamente consumido em todas as partes do mundo. Também é considerado um importante alimento funcional, devido aos níveis elevados de compostos bioativos, como licopeno e  $\beta$ -caroteno (UPADHYAYA et al., 2017).

Tais carotenoides são responsáveis pela pigmentação do fruto, e são constituídos por cadeia longa de hidrocarboneto contendo duplas ligações alternadas, como o licopeno, e ainda podem apresentar um ou mais anéis cíclicos nas extremidades, que caracteriza o  $\beta$ -caroteno (Figura 1). As ligações duplas conjugadas possuem comportamento químico capaz de promover reações capazes de eliminar as espécies reativas de oxigênio (ERO) (McNULTY, et al., 2007; QUIRÓS e COSTA, 2006; SIKORA et al., 2008).

O licopeno é um composto lipossolúvel e devido ao grande número de ligações conjugadas, torna-se excelente agente antioxidante natural, é um isômero acíclico do  $\beta$ -caroteno, que possui atividade de provitamina A (SCOLASTICI et al., 2007; BLUM et al., 2005).

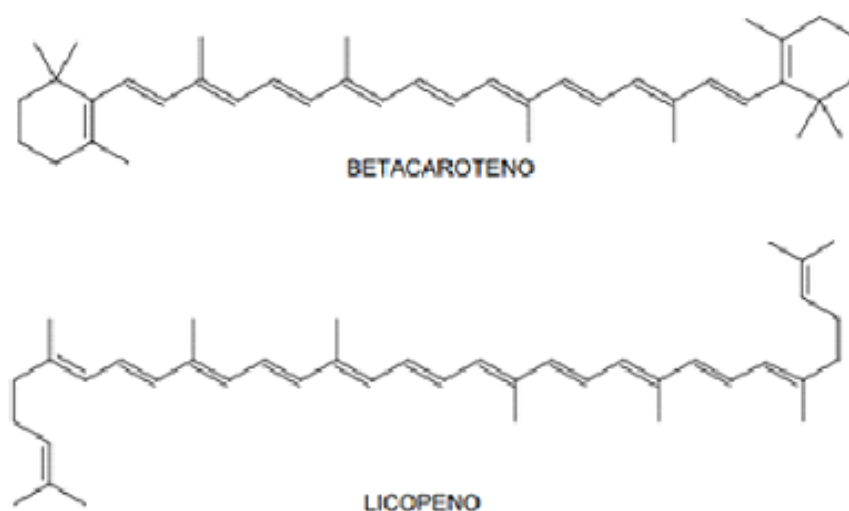


Figura 1 - Representações estruturais do Beta-Caroteno e do Licopeno. Principais carotenoides presentes no tomate (SILVA et al., 2010).



Vieira e Agostini-Costa (2007) constataram que os carotenoides se acumulam em diversos tecidos das plantas, e são pigmentos que protegem o fruto contra a foto-oxidação, por estarem associados às reações químicas e bioquímicas que inibem a ação de espécies reativas de oxigênio. Então, no organismo humano estão associados à diminuição de doenças degenerativas, pois funcionam como antioxidante, além de serem precursores da Vitamina A, no entanto, não são todos os carotenoides que possuem esta característica.

No tomate, o carotenoide presente em maior quantidade é o licopeno, no entanto o mais proativo em Vitamina A é o  $\beta$ -caroteno, de acordo com as recomendações de vitamina A para crianças com idade entre 4 e 8 anos (400mg/dia), e homens adultos com idade entre 19 e 30 anos (900mg/dia) (GARDINER, 2008), pode se observar que as quantidades encontradas no presente trabalho podem contribuir, quando ligadas em uma dieta, na quantidade de vitamina A na alimentação dos seres humanos.

Destaca-se que os estudos envolvendo essas classes de compostos se devem, principalmente, pela sua capacidade antioxidante, ou seja, sua interação com os radicais livres ou sequestro do oxigênio singlete (UENOJO et al., 2007). Com a redução desse estresse oxidativo no organismo, têm-se observado proteção maior contra determinados tipos de doenças, tais como câncer, doenças cardiovasculares, além da verificação de aumento imunológico (GOMES et al., 2007; MACEDO et al., 2017).

Estes componentes não podem ser sintetizados por seres humanos, enfatizando, portanto, a importância de consumir alimentos contendo carotenoides, tais como frutas e legumes. No entanto, os reais benefícios relacionados com a saúde dependem fortemente da sua biodisponibilidade, ou seja, a fração de um nutriente ingerido que é liberada a partir da matriz de alimentos e disponibilizada para a absorção intestinal (PALMERO et al., 2014).

Outro composto que também possui esta característica antioxidante são os compostos fenólicos, eles são formados pelas condições de estresse em que o fruto é submetido, tais como infecções, excesso de radiação UV dentre outros. (NACZK e SHAHIDI, 2004).

A atividade antioxidante dos compostos fenólicos depende da estrutura, em particular do número e posições dos grupos hidroxila, e da natureza de substituições nos anéis aromáticos. Compostos fenólicos são comumente encontrados em frutas e legumes, sendo assim a principal fonte na dieta humana, como exemplo, o ácido gálico (Figura 2) (NAGENDRAN et al., 2006).

Além disso, afetam fortemente a cor e o aroma de alimentos. Estudos mostram que compostos fenólicos quando inseridos na dieta afetam o tratamento de doenças cardiovasculares, diabetes, cânceres, e ataques cardíacos (CROZIER, et al., 2009).

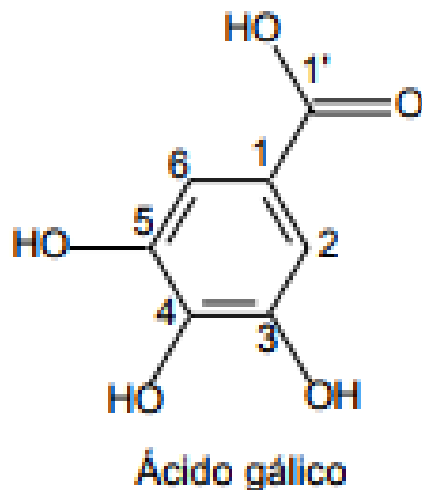


Figura 2: Estrutura química do ácido gálico (SOUZA FILHO et al., 2006).

Devido a importância econômica e propriedades relacionadas à promoção da saúde, o tomate é importante para aumentar os níveis de compostos nutricionais de alto valor, tais como carotenoides e outros antioxidantes (TALENS et al., 2016). E ainda, estudos epidemiológicos demonstraram que a ingestão de tomate diminui a incidência de alguns tipos de câncer e desordens cardiovasculares (RAFFO et al., 2006).

Outros aspectos importantes são os que envolvem características de acidez e açúcares. A acidez é a propriedade capaz de medir a quantidade de ácidos orgânicos e pode também, de forma inversa, indicar a adstringência do fruto. Assim como o pH, a acidez total influencia no sabor. Esse parâmetro é avaliado por meio de titulação com NaOH, sendo os resultados expressos em concentração de ácido cítrico. Frutos apresentando valores de ácido cítrico abaixo de 350 mg/100 g de peso fresco requerem aumento no tempo e na temperatura de processamento, para evitar a proliferação de micro-organismos nos produtos processados (SILVA, 2003).

Os açúcares solúveis comumente conhecidos como sólidos solúveis, são responsáveis pela doçura, que é um dos principais atributos de qualidade do fruto. Esse teor usualmente aumenta com o amadurecimento, sabendo-se que durante esse processo os polissacarídeos são quebrados e produzem, principalmente, sacarose, frutose e glicose (LIMA et al., 2011). Os valores médios são calculados em °Brix (graus brix), que correspondem à quantidade de sólidos solúveis encontrados nos frutos, como por

exemplo, carboidratos, ácidos orgânicos, proteínas, gorduras, minerais e principalmente açúcares.

As cultivares de tomate produzidas no Brasil têm tido valores bastante baixos com relação ao teor destes açúcares, com valores em torno de 4,5 °Brix. No entanto, existem cultivares que possuem maior potencial genético, as quais podem apresentar, em determinadas condições, valores próximos de 6,0 °Brix. (SILVA, 2003).

Os parâmetros de acidez e de sólidos solúveis, não podem ser avaliados isoladamente para se discutir qualidades sensoriais dos frutos. Há uma relação entre os açúcares e a acidez (SS/AT), denominada Ratio, que é amplamente utilizada como critério para determinar o estágio de maturação, confrontando entre o sabor doce e ácido do fruto, e com isso, as condições mais apreciadas para o consumo (COUTO e CANNIATTI-BRAZACA, 2010).

Segundo Viégas (1991), a faixa dessa relação pode variar entre 6 e 20, sendo o intervalo de 15 a 18 o preferido pelos consumidores. Tendo tais teores como parâmetro, a indústria inicia o processamento dos frutos com valores de Ratio entre 12 e 13 (CRESPO et al., 2010).

## 1.2. Fenologia do tomate

As espécies selvagens de tomate foram semeadas e selecionadas na era pré-colombiana, sendo cultivadas nos tabuleiros andinos. Os maias, habitantes da América Central foram seus propagadores até os povos Astecas, e apelidavam a hortaliça de tomatl. É uma planta da família das Solanáceas, assim como a berinjela, a pimenta, o pimentão e o jiló. Há pouco tempo, a nomenclatura do gênero do tomate foi modificada de *Lycopersicon esculentum* para *Solanum lycopersicon* (CLEMENTE, 2013).

A família dispõe de grande diversidade de gêneros, com alta capacidade de adaptação em diferentes regiões. Atualmente se agrupam em quatro tipos de cultivares, sendo elas: Santa Cruz, Italiano, Salada e Cereja. Independentemente de sua espécie ou variedade, ele pode apresentar respostas adversas quanto às condições de absorção de luz, gás carbônico (CO<sub>2</sub>), temperatura, absorção de água e nutrientes (CLEMENTE, 2013).

Destaca-se, no entanto, que temperaturas entre 15°C a 25°C favorecem a germinação de sementes, e para o desenvolvimento e produção dos frutos a variação

fica por volta de 10°C a 34°C. Em se tratando de coloração e firmeza, as situações de temperaturas extremas desfavorecem a síntese de licopeno. A incidência de radiação solar nos frutos altera diretamente o desenvolvimento da planta como um todo, principalmente nas proporções de açúcares e na produção de frutos ocos (MOLINO, 2010).

Além desses fatores, deve se levar em consideração os níveis de precipitação e umidade, pois em cada estágio de crescimento, quantidades de água influenciarão no desenvolvimento sadio dos mesmos. E por fim, altas temperaturas além de proporcionar doenças nos frutos e plantas, degradam ou inibem a produção de carotenoides (MOLINO, 2010).

O tomate salada, também conhecido como tomatão, é uma planta arbustiva, e pode ter seu crescimento vegetativo determinado ou indeterminado. Plantas com crescimento determinado possuem tamanho limitado e crescem rasteiramente no solo, e são conhecidas popularmente como tomate rasteiro, muito utilizado em escala industrial. Já as plantas com crescimento intermediário detêm um crescimento ilimitado, podendo alcançar até 10 m de comprimento, neste caso se faz uso de estaquias, para manter o crescimento da planta ereta. Seu formato é globular achatado, os frutos são bem graúdos podendo chegar até a 500 g (NAIKA et. al., 2006).

Como representado na Figura 3, o tomate é constituído por um tecido carnoso, que engloba o pericarpo e a polpa, que são integrados pela placenta e pelo tecido vascular, que contém as sementes. O pericarpo é constituído pelo exocarpo ou pele, um mesocarpo com feixes vasculares e uma camada unicelular que divide os lóculos. Na polpa a placenta inicia crescimento dentro dos lóculos integrando as sementes, com isso em poucos dias há uma expansão na cavidade locular (CLEMENTE, 2013).

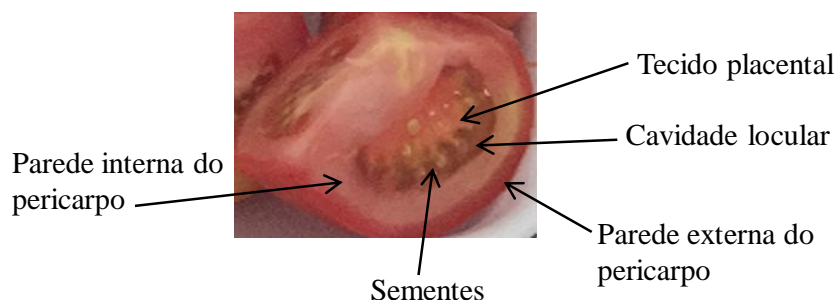


Figura 3: Visão geral das partes componentes do tomate (Fonte: Elaborada pelo autor).

O modo como ocorre a alteração na cor do fruto, da cor verde para a cor vermelha se dá em subsequência ao início do amadurecimento, que é indicado pelo aumento da respiração e concentração de etileno no fruto. E assim, a clorofila é degradada e sobreposta pela síntese de carotenoides, que são substâncias que atribuem cor avermelhada ao fruto (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

### 1.3. Industrialização do tomate: principais métodos

O tomate é um dos vegetais mais cultivados em todo o mundo, tanto consumidos como fruta fresca quanto após transformação, em diversos produtos, tais como sucos, polpa concentrada, molho, dentre outros (BELOVIC et al., 2016). Nos últimos anos, as preferências dos consumidores têm sido alteradas no sentido de maior consumo de produtos processados de frutas, especialmente para lanches (FELLOWS, 2006).

De acordo com as necessidades de qualidade na pós-colheita, os métodos de secagem podem auxiliar na preservação dos valores nutricionais dos alimentos, bem como na inibição do crescimento de micro-organismos. No entanto, podem degradá-los, deformando sua forma física e nutricional. Cada método e cada variedade de fruto terão suas particularidades a serem levadas em consideração.

Uma das vantagens de tratamentos em que há aumento na temperatura é pela biodisponibilização do licopeno, carotenoide este, que quando inserido em uma dieta equilibrada e com proporções de gordura ideais, contribui para a biodisponibilização

deste composto, bem como sua conversão em  $\beta$ -caroteno e provitamina (RIBAYA-MERCADO et al., 2007).

Esses processos ocupam um lugar importante na indústria alimentar, por aumentar a vida útil de produtos e reduzem o custo de embalagem e transporte, bem como proporcionam numerosas vantagens ambientais (WOJDYLO et al., 2016).

Produtos secos permitem aumento no consumo de frutas e legumes durante o período de entressafra. Por outro lado, alguns alimentos são extremamente sensíveis à aplicação de oxigênio e calor, e o processo de secagem pode provocar algumas reações indesejáveis como oxidação, descoloração, contração, ou perda de tecido, alterando os valores nutricionais (BELOVIC et al., 2016).

Atualmente, existe enorme variedade de métodos para secagem de alimentos, como por exemplo: liofilização, secagem em estufa, neste caso em estufa a vácuo ou com circulação de ar forçada ou ainda apenas estufa sem circulação de ar, secagem em micro-ondas, secagem ao sol, dentre outros. Independentemente do método utilizado, o principal objetivo é a retirada da água para preservar e aumentar a vida útil do produto.

A desidratação é definida como a aplicação de calor sob condições controladas para remover, por evaporação, a maioria da água presente no alimento. Seu objetivo principal é expandir o tempo de vida útil dos alimentos por meio do decréscimo da atividade de água (FELLOWS, 2006; TIWARI et al., 2016).

A secagem em estufa com circulação de ar, comumente chamada de Secadores de bandeja, é utilizada em pequenas escalas de produção ou para trabalhos em escala-piloto. Por possuir custos de capital inicial e manutenção relativamente baixos, são flexíveis para operar com diferentes alimentos. A secagem convencional conhecida também como secagem em forno possui condições limitadas de secagem, e seu tempo de duração é relativamente longo. O que torna o método mais caro. Além disso, requer altos custos de mão de obra, pela necessidade de regularmente manusear o produto para modificar a posição dentro do equipamento. Apesar disso, eles possuem alta capacidade de produção, fácil construção e baixos custos de manutenção (FELLOWS, 2006).

Dentre os processos envolvidos na conservação de alimentos, a desidratação osmótica tem sido bastante estudada a níveis acadêmicos, porém pouco utilizada. Ganhou destaque como um pré-tratamento alternativo para a secagem, por minimizar modificações físicas e químicas do alimento, além de resultar em produtos com teor de umidade mediana, e com boas características sensoriais (HERRERA et al., 2001).

Em relação à perspectiva econômica nacional, a cultura do tomate possui grande importância por proporcionar empregos e estabelecer uma cadeia produtiva, com diversos segmentos que vão desde a preparação do solo até a colheita, classificação e acondicionamento dos produtos (LUENGO, 2011).

Apesar do Brasil produzir em torno de 19 milhões de toneladas de hortaliças, dentre elas o tomate, menos de 2% são exportados, e isso acontece pela carência de planejamento, infraestrutura, qualidade do produto, segurança do alimento, a logística de distribuição e o marketing (MOLINO, 2010). Os estados brasileiros que se destacam na produção do fruto, de acordo com o relatório do IBGE (2013), são Goiás, São Paulo e Minas Gerais, que tiveram produção de 25%, 19,3%, 13% respectivamente.

A fim de diminuir perdas ou danos na pós-colheita o produtor deve se atentar para alguns fatores importantes. No momento da colheita, é necessário verificar o fim do estágio de maturação, que não precisa ser necessariamente a coloração avermelhada, podendo estar o fruto com a coloração verde-clara. Nessas condições, mesmo colhido verde, o tomate completará sua maturação, adquirindo a cor vermelha característica. O ponto de colheita indica a maior ou menor resistência do fruto ao manuseio e sua capacidade de conclusão da maturação, aparência e qualidade (CLEMENTE, 2013).

Embora o tomate seja resistente ao manuseio, é necessário ter cuidados durante a sua colheita, a fim de minimizar os danos mecânicos, capazes de comprometer sua qualidade e aparência. A colheita no avental ou na sacola a tiracolo podem evitar esses danos. Toma-se também bastante cuidado no manejo das caixas cheias, por ocasião de sua carga e descarga (DUSI, 1993).

Durante a maturação, vários processos podem afetar negativamente a armazenagem do fruto, como por exemplo, a exposição à atmosfera rica em CO<sub>2</sub>. A fase de classificação e condicionamento dos frutos é de extrema importância para o produtor, uma vez que o amadurecimento pode afetar características de qualidade, como cor, sabor e teor de sólidos solúveis (BAI e LINDHOUT, 2007).

Gomes et al. (2007), em estudo de viabilidade financeira da desidratação osmótica para o desenvolvimento da agricultura familiar, constatou vantagens no processo de desidratação osmótica seguido de secagem em estufa, por apresentar baixo custo operacional e agregação de valor ao produto final. Além disso, propôs uma alternativa à reciclagem da solução osmótica, que seria o seu resíduo final, para produção de aguardente ou vinagre.

## 1.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAI, Y., LINDHOUT, P. Domestication and Breeding of Tomatoes: What have We Gained and What Can We Gain in the Future? **Oxford Journals**, v. 100, p. 1085-1094, 2007.

BELOVIC, M.; PAJIC-LJAKOVIC, I.; TORBICA, A.; MASTILOVIC, J.; PECINAR, I. The influence of concentration and temperature on the viscoelastic properties of tomato pomace dispersions. **Food Hydrocolloids**, v. 61, p. 617-624, 2016.

BLUM, A.; MONIR, M.; WIRSANSKY, I.; BEN-AZIR, S. The beneficial effects of tomatoes. **European Journal of Internal Medicine**, v. 1, n. 6, p. 402- 404, 2005.

CHITARRA, M. I. F; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2ª ed. Lavras: ESAL/FAEPE, 2005.

CLEMENTE, F. M. V. T. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Agência Embrapa de informação tecnológica. **EMBRAPA**, Lançamento 2013. (<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tomate/Abertura.html>). Acesso em 25/10/2017.

COUTO, M. A. L.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Quantificação de vitamina C e capacidade antioxidante de variedades cítricas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, 2010.

CRESPO, P.; BORDONABA, J. G.; TERRY, L. A.; CARLEN, C. Characterization of major taste and health-related compounds of four strawberry genotypes grown at different Swiss production sites. **Food Chemistry**, v. 122, p. 16-24, 2010.

CROZIER, A.; JAGANATH, I. B.; CLIFFORD, M. N. Dietary phenolics: Chemistry, bioavailability and effects on health. **Natural Product Reports**, v.26, p. 1001–1043, 2009.

DUSI, A. N.; LOPES, C. A.; OLIVEIRA, C. A. S.; MOREIRA, H. M.; MIRANDA, J.E. C. de; CHARCHAR, J. M.; SILVA, J. L. de O.; MAGALHAES, J. R.; CASTELO BRANCO, M.; REIS, N. V. B.; MAKISHIMA, N.; FONTES, R. R.; PEREIRA,



W.; HORINO, Y. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças. **A cultura do tomateiro (para mesa)**. Brasília-DF. v. 5, p.11-64, 1993.

FELLOWS, P.J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos: princípios e práticas**. São Paulo: Artmed; 2006.

GARDINER, P. M.; NELSON, L.; SHELLHAAS, C. S.; DUNLOP, A. L.; LONG, R.; ANDRIST, S.; JACK, B. W. The clinical content of preconception care: nutrition and dietary supplements. **American journal of obstetrics and gynecology**, v. 199, n. 6, p. 345-356, 2008.

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**, v. 3, n. 3, p. 212-226, 2007.

HERRERA, R. P.; GABAS, A. L.; YAMASHITA, F. Desidratação osmótica de abacaxi com revestimento comestível – Isotermas de desorção. **In: Latin American Symposium of Food**, Campinas - SP, v. 4, p. 190, 2001.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal: Culturas temporárias e permanentes**, Rio de Janeiro-RJ, v. 40, p.1-102, 2013

LIMA, A. de J. B.; CORRÊA, A. D.; DANTAS-BARROS, A. M.; NELSON, D. L.; AMORIM, A. C. L. Sugars, organic acids, minerals and lipids in jaboticaba. **Revista brasileira de fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 540-550, 2011.

LUENGO, R. F. A.; CALBO, A. G. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Hortaliças. Agência Embrapa de informação tecnológica. **Pós-colheita de hortaliças: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília-DF. v. 1, p. 18, 2011.

MACEDO, I. Y. L.; GARCIA, L. F.; NETO, J. R. O.; LEITE, K. C. S.; FERREIRA, V. S.; GHEDINI, P. C.; GIL, E. S. Electroanalytical tools for antioxidant evaluation of red fruits dry extracts. **Food Chemistry**, v. 217, p. 326-331, 2017.

McNULTY, H. P.; BYUN, J.; LOCKWOOD, S. F.; JACOB, R. F.; MASON, P. Differential effects of carotenoids on lipid peroxidation due to membrane interactions: X-ray diffraction analysis. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1768, n. 1, p. 167-174, 2007.

MOLINO, J. A.; FERRÃO, L. M. V.; BRAVIN, L. M. M.; LOUREIRO, R. V. L.; MONJARDIM, C. Z.; BARRAQUE, A. Instituto Capixaba De Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. **Tomate**. Vitoria, ES. v. 1, p. 430, 2010.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal of Chromatography A**, v. 1054, n. 1-2, p. 95-111, 2004.

NAIKA, S., JEUDE, J. V. L., GOFFAU, M., HILMI, M., DAM, B. V. A Cultura do tomate. **Wageningen: Fundação Agromisa e CTA**, p. 104, 2006.

NAGENDRAN, B.; KALYANA, S.; SAMIR S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. **Food Chemistry**, v. 99, n. 1, p. 191–203, 2006.

PALMERO, P.; PANOZZO, A.; SIMATUPANG, D.; HENDRICKX, M.; LOEY, A. V. Lycopene and  $\beta$ -carotene transfer to oil and micellar phases during in vitro digestion of tomato and red carrot based-fractions. **Food Research International**, v. 64, p. 831-838, 2014.

QUIRÓS, A. R.; COSTA, H. S. Analysis of carotenoides in vegetable and plasma samples: A review. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 19, p. 97-111, 2006.

RAFFO, A.; MALFA, G. L.; FOGLIANO, V.; MAIANI, G.; QUAGLIA, G. Seasonal variations in antioxidant components of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Naomi F1). **Journal of Food Composition and Analysis**, v.19, p 11-19, 2006.

RIBAYA-MERCADO, J. D., MARAMAG, C. C., TENGCO, L. W., DOLNIKOWSKI, G. G., BLUMBERG, J. B., SOLON, F. S. Carotene-rich plant foods ingested with minimal dietary fat enhance the total-body vitamin A pool size in Filipino schoolchildren as assessed by stable-isotope-dilution methodology. **The American journal of clinical nutrition**, v. 85, n. 4, p. 1041-1049, 2007.

SCOLASTICI, C.; LIMA, R. O.; BARBISAN, L. F.; FERREIRA, A. L.; RIBEIRO, D. A.; SALVADORI, D. M. Lycopene activity against chemically induced DNA damage in Chinese hamster ovary cells. **Toxicology in Vitro**, v. 21, p. 840-845, 2007.

SIKORA, E.; CIESLIK, E.; LESZCZYNSKA, T.; FILIPIAK-FLORKIWUACZ, A.; PISULEWSKI, P. M. The antioxidant activity of selected cruciferous vegetables subjected to aquathermal processing. **Food Chemistry**, v. 107, p. 50-55, 2008.

SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B.; FURUMOTO, O.; BOITEUX, L. S.; FRANÇA, F. H.; BÔAS, G. L. V.; BRANCO, M. C.; MEDEIROS, M. A.; MAROUELLI, W.; SILVA, W. L. C.; LOPES, C. A.; ÁVILA, A. C.; NASCIMENTO, W. M.; PEREIRA, W. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Agência Embrapa de informação tecnológica. **Cultivo de tomate para a industrialização**. Lançamento 2003. (<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial/cultivares.htm>) Acesso em 22/11/2017.

SILVA, M. L. C.; COSTA, R. S.; SANTANA, A. S.; KOBLITZ, M. G. B. Phenolic compounds, carotenoids and antioxidant activity in plant products. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31 n.3, p. 669-682, 2010

SOUZA FILHO, A. P. S.; SANTOS, R.A.; SANTOS, L.S.; GUILHON, G.M.P.; SANTOS, A.S.; ARRUDA, M.S.P.; MULLER, A.H.; ARRUDA, A.C. Allelopathic potential of *Myrcia guianensis*. **Planta daninha**, v. 24, n. 4, p. 649-656, 2006.

TALENS, P.; MORA, L.; BRAMLEY, P. M.; FRASER, P. D. Antioxidant compounds and their bioaccessibility in tomato fruit and puree obtained from a DETIOLATED-1 (DET-1) down-regulated genetically modified genotype. **Food Chemistry**, v. 213, p. 753-741, 2016.

TIWARI, S.; TIWARI, G. N.; AL-HELAL, I. M. Development and recent trends in greenhouse dryer: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 65, p. 1048-1064, 2016.

UENOJO, M.; MARÓSTICA JUNIOR, M. R.; & PASTORE, G. M. Carotenóides: propriedades, aplicações e biotransformação para formação de compostos de aroma. **Química Nova**, 2007.

UPADHYAYA, P.; TYAGI, K.; SARMA, S.; TAMBOLI, V.; SREELAKSHMI, Y.; SHARMA, R. Natural variation in folate levels among tomato (*Solanum lycopersicum*) accessions. **Food Chemistry**, v.217, p. 610-619, 2017.

VIÉGAS, F. C. P. **A citricultura brasileira**. 2 ed. Campinas: Cargil, 1991.

VIEIRA, R. F.; AGOSTINI-COSTA, T. S. Caracterização química de metabólitos secundários em germoplasma vegetal. In: NASS, L.L.(Ed.). Recursos genéticos vegetais. Brasília: **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**, p. 343-372, 2007.

WOJDYLO, A.; FIGIEL, A.; LEGUA, P.; LECH, K.; CARBONELL-BARRACHINA, A. A.; HERNANDEZ, F. Chemical composition, antioxidant capacity, and sensory quality of dried jujube fruits as affected by cultivar and drying method. **Food Chemistry**, v. 207, p. 170-179, 2016.

## 2. OBJETIVOS

Avaliar a influência dos tratamentos de secagem convencional e desidratação osmótica nos compostos bioativos e atividade antioxidante em sistema  $\beta$ -Caroteno/Ácido linoleico. Quantificar os teores de acidez, pH, sólidos solúveis.

### 3. CAPÍTULO I

## TEORES DE COMPOSTOS BIOATIVOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE TOMATE SALADA FRESCO E DESIDRATADO SOB DIFERENTES CONDIÇÕES

### RESUMO

Estudos recentes vêm destacando a importância do consumo de tomate, uma vez que nele estão presentes compostos funcionais que visam promoção à saúde, isto é, capazes de atuar na proteção das células que podem desencadear doenças cardiovasculares ou crônicas, como o câncer. Benefício que ocorre graças à presença de componentes fisiologicamente atuantes, tais como compostos fenólicos, carotenoides, dentre outros. O licopeno é o carotenoide presente em maior quantidade no tomate, e é o responsável pela cor avermelhada do fruto. Presente na mesa do consumidor tanto fresco, quanto em sua forma processada, e visando maior durabilidade do fruto, o tomate desidratado vem ganhando destaque. Nesse sentido, o presente estudo visa a quantificação dos compostos bioativos em amostras de tomates frescos e processados por secagem, tanto em estufa com circulação de ar forçada ou convencional em temperaturas de 60°C e 70°C, bem como com pré-tratamento com desidratação osmótica ou não, avaliando os teores de acidez, pH, sólidos solúveis e a atividade antioxidante em sistema  $\beta$ -Caroteno/Ácido linoleico dos diferentes tratamentos do tomate salada (*Solanum lycopersicum*). O pH, sólidos solúveis e acidez indicaram que o pré-tratamento osmótico foi eficiente, independente do tipo de estufa utilizado. As concentrações de carotenoides totais em betacaroteno e licopeno, além da proatividade em vitamina A foram favorecidos em amostras secas a 70°C para estufa com circulação e pré-tratamento osmótico, e estufa convencional sem pré-tratamento. E por fim, este estudo mostrou que independente da estufa a ser utilizada a desidratação é uma alternativa viável para o pequeno produtor, tanto para minimizar perdas na colheita, quanto para agregar valor ao seu produto, pois além de maior durabilidade a concentração de compostos bioativos é favorecida.

### Palavras-chave:

Compostos bioativos; Osmose; Secagem; Conservação de alimentos.

## **ABSTRACT**

Recent studies have highlighted the importance of tomato consumption, since functional compounds are present in it, which are aimed to promote health, that is, capable of protecting cells that can trigger cardiovascular or chronic diseases, such as cancer. This benefit occurs due to the presence of physiologically active ingredients, such as phenolic compounds, carotenoids, among others. Lycopene is the most present carotenoid present in most of the tomato, and is responsible for the reddish color of the fruit. Available for consumer both fresh, as in its processed form, and aiming for a higher durability of the fruit, the dehydrated tomato has been gaining prominence. In this sense, the present study aims to quantify bioactive compounds in samples of fresh and processed tomatoes by drying, either in an oven with forced or conventional air circulation at temperatures of 60 °C and 70 °C, as well as with pre-treatment with osmotic pretreatment and the antioxidant activity in the  $\beta$ -Carotene/Linoleic acid system of the different treatments of salted tomato (*Solanum lycopersicum*). The pH, soluble solids and acidity indicated that the osmotic pretreatment was efficient, independent of the drying system used. The concentrations of total carotenoids in beta-carotene and lycopene, in addition to the pro-vitamin A activity, were favored in dry samples at 70 °C for circulation and osmotic pre-treatment, and conventional drying without pre-treatment. Finally, this study showed that, regardless of the oven used, dehydration is a viable alternative for the small producer, both to minimize harvest losses and to add value to their product, because in addition to be more durable, the concentration of bioactive compounds is favored.

### **Key words:**

Bioactive compounds; Osmosis; Drying; Food preservation.

### 3.1 INTRODUÇÃO

O consumo de frutas e hortaliças está em constante crescimento, principalmente pelo fato destes alimentos serem considerados saudáveis. Contudo há enorme preocupação quanto a durabilidade dos mesmos (BENLLOCH-TINOCO et al., 2014).

As frutas e hortaliças possuem papel essencial na disponibilidade de nutrientes para complemento da dieta humana. Esses alimentos são ricos em compostos fenólicos e carotenoides, que exibem uma gama de efeitos biológicos, incluindo agentes antibacterianos, anti-inflamatórios, dentre outros. Muitas destas funções biológicas têm sido atribuídas a capacidade de eliminação de radicais livres (MOLDOVAN et al., 2016).

O consumo de antioxidantes naturais pode estar associado, dentre outros benefícios, a uma minimização em processos de oxidação de células e tecidos, responsáveis pelo envelhecimento, e com a prevenção de doenças degenerativas (MACEDO et al., 2017).

A ingestão de alimentos com propriedades funcionais vem sendo ao longo dos anos fonte de muitos trabalhos de pesquisa, pelo interesse de se caracterizar as ações desses compostos com os radicais livres no organismo. Esses radicais livres, também chamados de espécies reativas de oxigênio (ERO) ou de nitrogênio (ERN), dentre outros, são produzidos naturalmente ou por uma disfunção biológica, e possuem pares de elétrons desemparelhados e, portanto, são extremamente reativos, podendo causar danos ao DNA das células (BARREIROS et.al., 2006).

Considera-se alimento funcional, aquele que possui algumas características peculiares, tais como: serem alimentos acessíveis em uma dieta usual; possuir componentes naturais, com a capacidade de afetar benéficamente uma ou mais funções corporais; além das nutricionais básicas, de modo que seja relevante tanto para o bem-estar, quanto para auxiliar na proteção de doenças crônicas degenerativas como hipertensão, diabetes, câncer, osteoporose, entre outras (ROBERFROID, 2002; SOUZA, et. al., 2003). Nesse rol, são incluídos alimentos ou bebidas, que, ao serem inseridos diariamente na alimentação, podem proporcionar benefícios fisiológicos específicos, pela presença de compostos químicos (CANDIDO e CAMPOS, 2005).

Nesse contexto, as pesquisas científicas indicam que os compostos fenólicos, devido sua capacidade anticarcinogênica e antimutagênica, são fitoquímicos, que



contribuem para a melhoria do sistema nutricional dos seres humanos (HEIN et al., 2002; SHAHIDI et al., 2007). Outros compostos em destaque são os carotenoides, havendo inclusive estudos indicando que o risco de câncer é inversamente proporcional o consumo de frutas e vegetais. Além dos mesmos serem essenciais para a nutrição humana, desempenha papel importante na diminuição do risco de ocorrência de doenças degenerativas (PAULA et al., 2015).

De acordo com Rodriguez-Asmaya (2002), o principal carotenoide encontrado no fruto do tomate e seus derivados, tais como sucos, sopas e molhos, é o licopeno. As principais fontes de licopeno, além do tomate, são: goiaba vermelha, melancia, mamão e pitanga.

O licopeno é encontrado em maior quantidade na casca dos frutos, e sua proporção aumenta de acordo com seu estágio de amadurecimento. Em relação aos processados pode variar de acordo com a composição do alimento, bem como as condições realizadas durante o processamento e sua origem (PEREIRA, 2009). O tratamento térmico também é de extrema importância para disponibilidade do licopeno, pois com o aumento da temperatura, aumenta-se a solubilidade do composto, fazendo com que se rompa a membrana da célula, o que proporciona a conversão do licopeno da sua forma *trans* para a *cis* (UNLU et al., 2007).

Além da disponibilidade aumentada pelo aquecimento, a ingestão de gorduras aumenta a biodisponibilidade e a absorção do licopeno. Pesquisas vêm demonstrando que a ingestão de molho de tomate cozido em óleo resulta em aumento na concentração de licopeno um dia após sua ingestão, e que a mesma alteração não ocorre quando se administra suco de tomate fresco. Logo, a absorção de licopeno, está presente apenas em produtos que utilizam tomates cozidos, e é diretamente influenciada pela quantidade de gordura da refeição (MORITZ e TRAMONTE, 2006).

No entanto, outros fatores podem também interferir na biodisponibilidade do licopeno, dentre eles a quantidade de licopeno presente no alimento fonte, absorção intestinal, presença de outros nutrientes na refeição, ingestão de drogas, o estado nutricional do indivíduo, dentre outros fatores individuais de cada organismo (PEREIRA, 2009).

O tomate é um fruto com alto consumo em sua forma fresca ou processada e contém componentes bioativos valiosos (KELEBEK et al., 2017). É uma cultura importante em todo o mundo devido ao seu grande consumo e versatilidade, além de ser utilizado como ingrediente em muitas receitas alimentares, e ao seu elevado teor de

licopeno (ANESE et al., 2015). Por causa da alta perecibilidade e a sensibilidade ao manuseio e transporte, o tomate nem sempre é colhido quando se completa seu estágio de maturação ligado à planta, em que se qualifica seus melhores frutos. Isso ocorre devido ao tempo de comercialização, transporte e principalmente as características físicas que melhor agrade ao consumidor, o produtor precisa colher o fruto em sua maioria verde, para que o fruto suporte todas as etapas já citadas (PAULA et al., 2015).

Esta alta sensibilidade do fruto se deve em grande parte pela alta concentração de água e sólidos, que são comumente chamados de sólidos solúveis, sendo esta característica responsável pela qualidade do fruto, e é aumentada pelo grau de maturação.

Os açúcares solúveis comumente conhecidos como sólidos solúveis, são responsáveis pela doçura, que é um dos principais atributos de qualidade do fruto. Esse teor usualmente aumenta com o amadurecimento, sabendo-se que durante esse processo os polissacarídeos são quebrados e produzem, principalmente, sacarose, frutose e glicose (LIMA et al., 2011). Os valores médios são calculados em °Brix, que corresponde à quantidade de sólidos encontrados nos frutos, como por exemplo, carboidratos, ácidos orgânicos, proteínas, gorduras, minerais e principalmente açúcares.

Os frutos produzidos no Brasil têm apresentado valores baixos com relação ao teor destes açúcares, uma faixa de 4,5 °Brix. Entretanto, existem cultivares que possuem maior potencial genético, as quais podem apresentar, em determinadas condições, valores próximos de 6,0 °Brix. (SILVA, 2003). Para determinação de maturação do fruto, há uma relação que ocorre entre sólidos solúveis e acidez total titulável (SS/ATT) que contrapõem o sabor doce e ácido do fruto (COUTO e CANNIATTI-BRAZACA, 2010). Para quantificação desta relação, possui-se uma faixa que pode variar de 6 a 20, sendo o intervalo de 15 a 18 é o mais desejado pelos consumidores (VIÉGAS, 1991).

Baseada nessas fontes de pesquisas e na problemática envolvida nas discussões sobre alimentos frescos e processados, a presente proposta pretende realizar a quantificação de carotenoides totais em beta caroteno e licopeno, pH, acidez total titulável, açúcares totais, além da avaliação da atividade antioxidante e potencial de vitamina A do tomate salada, fresco e desidratado, realizar também por meio de uma curva de secagem a melhor definição de temperatura para o processamento do mesmo em função do tempo, com variáveis em dois equipamentos diferentes de secagem, e ainda fazendo um paralelo com frutos com pré-tratamento osmótico ou sem tratamento a fim de otimizar o método.

A partir da leitura de trabalhos realizados por Raupp et al. (2007) e Cruz et al. (2012), que avaliaram qualidade físico-química e aceitabilidade sensorial de tomates, os experimentos foram realizados nas temperaturas de secagem 60 e 70 °C, com e sem tratamento osmótico e estufa com e sem circulação.

## 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.2.1 Aquisição dos frutos

Os frutos foram adquiridos na rede varejista da cidade de Rio Verde-GO. Os mesmos foram selecionados de acordo com a homogeneidade no estágio de maturação, ou seja, com maior uniformidade de coloração, tamanho e firmeza, e sem danos mecânicos. Depois de selecionados, os frutos foram lavados em água clorada (200ppm), em seguida com água destilada, secos com papel toalha e armazenados refrigerados até o início dos procedimentos experimentais. Todos os procedimentos estão representados no fluxograma da Figura 1.

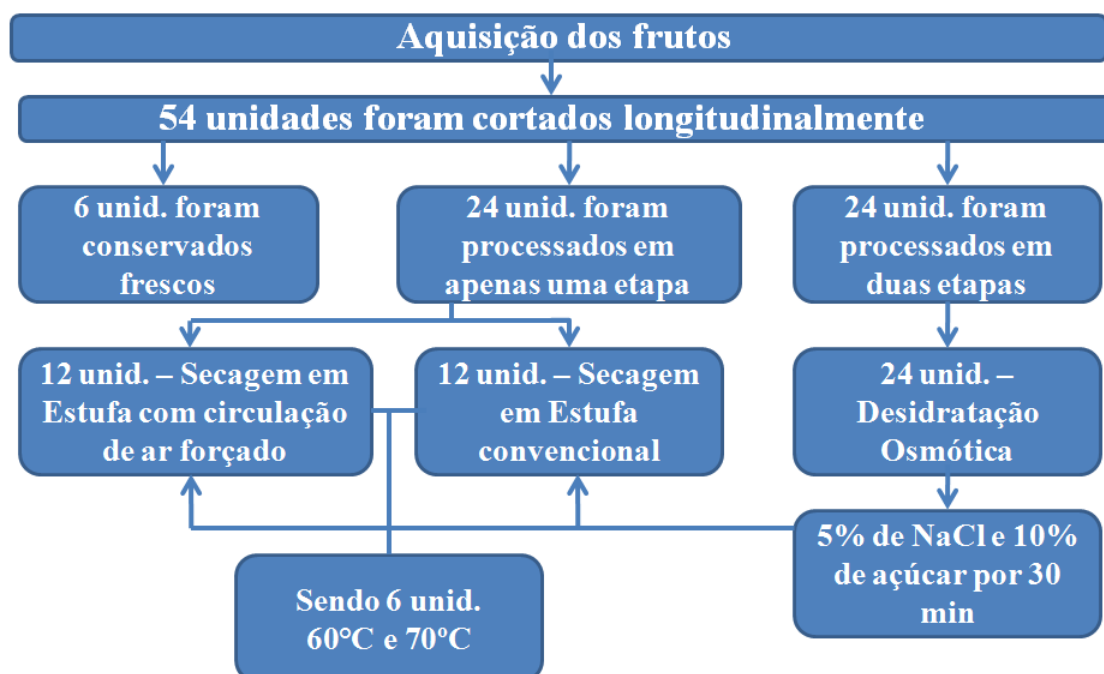


Figura 1 - Fluxograma de preparação de amostras do tomate e etapas de processamento

### **3.2.2 Preparação das amostras**

Os tomates foram cortados longitudinalmente em quatro partes e distribuídos em bandejas para serem levados as estufas. Durante a secagem, alternaram-se as posições das amostras, a cada duas horas, a fim de garantir a homogeneidade do processo.

Para o acompanhamento dos teores de umidade, as amostras foram pesadas de hora em hora, até o equilíbrio das massas.

### **3.2.3 Desidratação osmótica**

O processo osmótico foi realizado de acordo com a metodologia de Corrêa (2008) com adaptações, e a desidratação se deu com a imersão dos frutos na solução osmótica composta por NaCl 5% (m/m) e açúcar a 10% (m/m), à temperatura ambiente ( $26 \pm 2$  °C). Para cada concentração de solução osmótica realizada, utilizaram seis tomates cortados longitudinalmente em quatro partes, sem sementes. Os frutos fatiados foram imersos na solução osmótica na proporção de 1:4 (tomate : solução) durante 30 minutos, sendo a solução drenada após 5 minutos em bandejas perfuradas e enxutas em papel absorvente, enviadas às estufas para secagem.

### **3.2.4 Determinação de carotenoides**

Para a determinação de carotenoides totais ( $\mu\text{g g}^{-1}$  de amostra), utilizou-se a metodologia de Souza et al. (2012). Retirou-se cerca de 5 g de amostra e realizou-se a extração dos pigmentos com acetona seguida da separação com éter de petróleo. A quantificação foi realizada por meio de varredura da leitura do extrato etéreo entre 200 e 600nm em Espectrofotômetro UV/Vis digital PERKIN ELMER, modelo Lambda 750. A quantificação de carotenoides totais foi feita de acordo com Davies (1976).

### **3.2.5 Determinação de vitamina A**

O cálculo do valor de vitamina A foi expresso em retinol equivalente (RE)/100 gramas de amostra que de acordo com Trumbo et al. (2001), cada  $\mu\text{g}$  de equivalente de atividade de retinol (EAR) corresponde a 12  $\mu\text{g}$  de  $\beta$ -caroteno.

### 3.2.6 Avaliação da atividade antioxidante

Para a avaliação da atividade antioxidante pelo método de  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico, seguiu-se a metodologia descrita por Rufino et al. (2006). Prepararam soluções de álcool metílico a 70%, acetona 50% em água,  $\beta$ -caroteno 1 mg mL<sup>-1</sup> e emulsão beta caroteno/ácido linoleico. Cerca de 3g de cada amostra vegetal foi submetida à extração com metanol e acetona 1/1. A leitura foi realizada a 470nm e as porcentagens de inibição da oxidação foram calculadas segundo a equação 1.

$$IAA(\%) = \frac{(R_{abs_{amostra}} - R_{abs_{sistema}})}{R_{abs_{amostra}}} \times 100\% \quad (\text{equação 1})$$

IAA: Inibição da Atividade Antioxidante;  $R_{abs}$  (amostra): Redução da absorbância da amostra;  $R_{abs}$  (sistema): Redução da absorbância do sistema.

### 3.2.7 Quantificação de sólidos solúveis (SS), acidez total titulável (ATT) e pH

O teor de sólidos solúveis totais (°Brix), a acidez total titulável (%) e pH, foram realizados de acordo com as metodologias descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

### 3.2.8 Tratamento Estatístico

O delineamento foi o inteiramente ao acaso com nove tratamentos, incluindo as amostras de tomate fresco. Os experimentos foram realizados em triplicata, submetidos à análise de variância e as médias submetidas ao teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O valor médio de sólidos solúveis encontrado no fruto fresco foi de 5,73°Brix (Tabela 1). Em estudo realizado por Silva et al. (2003), o teor de sólidos solúveis encontrado em cultivares brasileiras frescos girou em torno de 4,5°Brix. Possivelmente, os frutos avaliados apresentaram maiores valores por estarem em um estágio avançado de maturação.

Tabela 1: Médias de sólidos solúveis, acidez total titulável, Ratio e pH das amostras de tomate fresco e desidratado em Estufa Convencional e com circulação de ar forçada, com e sem pré-tratamento osmótico.

Tratamentos	SS(°Brix)	ATT (g/100g)	SS/ATT	pH
Fresco	5,73 <sup>g</sup>	6,55 <sup>a</sup>	0,88 <sup>f</sup>	4,61 <sup>ab</sup>
CC70CO	15,00 <sup>e</sup>	5,85 <sup>ab</sup>	2,60 <sup>e</sup>	4,08 <sup>f</sup>
CC70SO	21,36 <sup>c</sup>	5,33 <sup>abc</sup>	4,01 <sup>d</sup>	4,42 <sup>cd</sup>
SC70CO	11,73 <sup>f</sup>	5,24 <sup>abcd</sup>	2,23 <sup>e</sup>	4,15 <sup>ef</sup>
SC70SO	27,70 <sup>a</sup>	5,19 <sup>bcde</sup>	5,34 <sup>bc</sup>	4,50 <sup>bc</sup>
CC60CO	16,00 <sup>e</sup>	5,81 <sup>ab</sup>	2,75 <sup>e</sup>	4,23 <sup>e</sup>
CC60SO	22,96 <sup>c</sup>	3,94 <sup>de</sup>	5,85 <sup>ab</sup>	4,42 <sup>cd</sup>
SC60CO	25,66 <sup>b</sup>	3,86 <sup>e</sup>	6,64 <sup>a</sup>	4,28 <sup>de</sup>
SC60SO	18,23 <sup>d</sup>	4,07 <sup>cde</sup>	4,50 <sup>cd</sup>	4,71 <sup>a</sup>
CV (%)	3,84	9,2	8,27	1,2

Médias seguidas das mesmas letras, na mesma coluna, não diferem entre si ao nível de 5%, pelo teste de Tukey. CC: Estufa com circulação de ar forçada; SC: Estufa convencional; CO: Com tratamento osmótico; SO: Sem tratamento osmótico; SS: sólidos solúveis totais; ATT: Acidez total titulável.

Comparando-se os tratamentos osmóticos realizados ou não, observa-se que os teores de sólidos solúveis foram maiores no segundo caso, em todas as temperaturas. Corrêa et al. (2008) em estudo sobre a desidratação osmótica de tomate seguida de secagem, concluiu que o uso de solução osmótica com maior concentração de sacarose contribuiu para um significativo aumento do ganho de sólidos solúveis, o que não ocorreu no presente trabalho, uma vez que os maiores valores de sólidos solúveis foram nas amostras que não passaram pelo pré-tratamento osmótico, exceto pra o tratamento em estufa convencional a 60 °C.

É provável que em estufas sem circulação ocorra a criação de uma camada de sólidos na superfície durante a desidratação osmótica, impedindo a saída de água, fazendo com que haja maior quantidade de água e menor quantidade de sólidos solúveis totais (FALADE E IGBEKA, 2007).

Outro fator importante para atributos de qualidade dos frutos é a relação entre sólidos e acidez (Ratio). Os valores encontrados variaram entre 6,64 e 0,88, comparando-se frutos desidratados com os frutos frescos.

Houve predomínio da doçura quando comparada a acidez em todas as amostras que obtiveram um pré-tratamento osmótico (Tabela 1), sendo elas desidratadas em estufa convencional ou com circulação de ar forçada e no fruto fresco, com tendência do tomate fresco apresentar o fruto menos doce e mais ácido. Fator este que atribui importante característica para definição de qualidade, assim quando comparado com o trabalho realizado por Ferreira et al. (2010), a mesma relação foi realizada e os mesmos resultados foram obtidos, sendo diferente apenas no frutos frescos, em que o tomate convencional apresentou maior doçura e ao mesmo tempo maior acidez.

Esta diferença pode ser justificada não só pelo estágio de maturação do fruto, ou seja, quanto mais maduro, e avermelhado se encontra o fruto, maior será sua doçura e menor o nível de acidez, mas também pela relação entre a saída de água e a concentração de sólidos já dita.

Foram encontrados valores de pH entre 4,08 e 4,71, e condiz quando comparados com os trabalhos propostos por Ferreira et al. (2010) e Cliff (2009), sendo o pH ideal menor que 4,5 para impedir a proliferação de micro-organismos e que ainda o pH decresce significativamente com os primeiros sinais de maturação e aumenta levemente com o estágio passado (MONTEIRO, 2008).

A Figura 5 apresenta o espectro da média das leituras de extratos obtida no espectrofotômetro UV/Vis, a partir da varredura entre 300 nm a 600 nm, que identifica as absorvâncias máximas para o beta caroteno ( $447 \pm 2$  nm) e licopeno ( $471 \pm 2$  nm). Em estudo realizado por Nellis et al. (2017), foram identificados pontos máximos em 450 e 470 nm utilizando acetona/éter de petróleo. A partir desta leitura, tomaram-se os valores de absorvância desses pontos para os cálculos de carotenoides totais em beta caroteno e em licopeno.

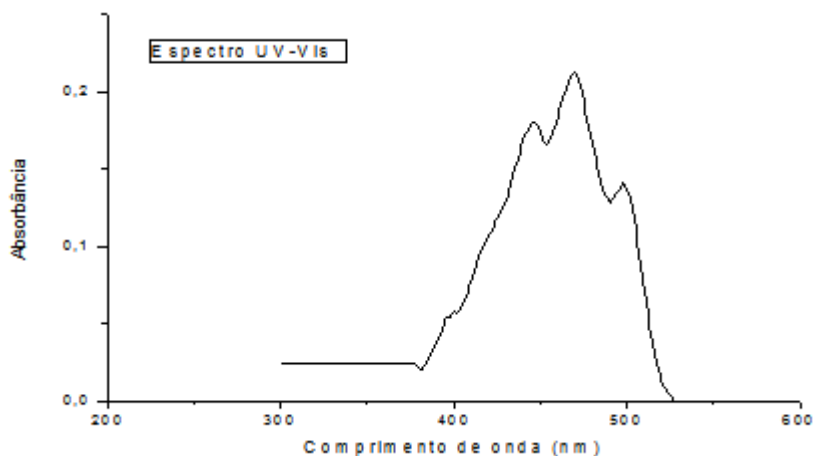


Figura 4: Espectro de UV/Vis a partir da varredura de 300 a 600 nm do tomate desidratado e seco a 60 °C.

Analisando a Tabela 2, pode-se observar que não houve diferença significativa entre os teores de carotenoides totais das amostras secas em estufa com circulação e com tratamento osmótico 60° e 70° e Estufa convencional sem tratamento osmótico 70°C.

Destaca-se, nessas condições, as maiores concentrações de carotenoides nas amostras, 244; 239 e 232  $\mu\text{g/g}$ , respectivamente. Em estudo realizado com goiabas, Menezes et al. (2016) encontrou em média 25,95 $\mu\text{g}$  100 $\text{g}^{-1}$  de licopeno, quando encontrado 244,36  $\mu\text{g/g}$  em fruto desidratado, ou seja, quando comparado com o estudo realizado com a goiaba os métodos de secagem afetaram a quantidade de licopeno do fruto, aumentando a sua concentração.

Destaca-se, também, aumento de 40% de carotenoides em tomates desidratados, comparando-se com os frescos. Esse fato também foi observado por Cruz et al. (2012) e Santos-Sánchez et al. (2012), que além da conservação de frutos, o processo de desidratação promove aumento significativo nas concentrações de licopeno, não só pela saída de água, mas também ao ataque térmico que ocorre, uma vez que altas temperaturas favorecem a síntese de licopeno nos frutos.



Tabela 2: Quantificação de carotenoides, Beta caroteno, Vitamina A e Atividade Antioxidante em frutos frescos, desidratados em Secagem Convencional, Com Circulação, com ou sem pré-tratamento osmótico.

Tratamentos	Carotenoides totais em licopeno (µg/g de amostra)	Carotenoides em β-caroteno (µg/g de amostra)	Vitamina A (µg EAR/100g de amostra)	Atividade Antioxidante(%)
Fresco	175,31 <sup>c</sup>	8,77 <sup>d</sup>	73,14 <sup>d</sup>	64,48 <sup>a</sup>
CC70CO	244,36 <sup>a</sup>	229,60 <sup>a</sup>	1913,33 <sup>a</sup>	58,07 <sup>b</sup>
CC70SO	145,50 <sup>c</sup>	169,28 <sup>b</sup>	1410,70 <sup>b</sup>	52,34 <sup>d</sup>
SC70CO	109,20 <sup>d</sup>	116,94 <sup>c</sup>	974,57 <sup>c</sup>	52,22 <sup>d</sup>
SC70SO	239,07 <sup>a</sup>	246,28 <sup>a</sup>	2052,35 <sup>a</sup>	57,76 <sup>b</sup>
CC60CO	232,73 <sup>a</sup>	24,97 <sup>d</sup>	208,09 <sup>d</sup>	56,05 <sup>c</sup>
CC60SO	66,77 <sup>e</sup>	2,61 <sup>d</sup>	21,78 <sup>d</sup>	57,73 <sup>b</sup>
SC60CO	92,65 <sup>de</sup>	5,38 <sup>d</sup>	44,85 <sup>d</sup>	58,07 <sup>b</sup>
SC60SO	190,99 <sup>b</sup>	16,99 <sup>d</sup>	141,65 <sup>d</sup>	54,55 <sup>c</sup>
CV (%)	6,49	13,52	13,52	1,03

Médias seguidas das mesmas letras, na mesma coluna, não diferem ao nível de 5%, pelo teste de Tukey; CC: Estufa com circulação de ar forçada; SC: Estufa convencional; CO: Com tratamento osmótico; SO: Sem tratamento osmótico.

Quando se retira o calor em excesso do ambiente, que é o caso das estufas com circulação de ar, combinado com o pré-tratamento, não só faz com que se acelere o processo de desidratação, como também aumentam os níveis de carotenoides presentes, nas estufas convencionais ocorre o contrário, só é favorecido quando o fruto não passa pela etapa de desidratação osmótica.

Outra observação importante é que ocorre uma ruptura na parede celular dos frutos quando os mesmos são induzidos ao calor extremo e assim aumentam o teor de licopeno disponível (TOOR e SAVAGE, 2006). Contudo, deve se atentar aos limites e tempo de secagem, pois o tempo prolongado de aquecimento pode degradar os compostos químicos importantes no âmbito alimentar.

Nota-se ainda, que, na temperatura de 70°C, independentemente dos tratamentos submetidos, foram encontrados os maiores índices, tanto de betacaroteno (229,60;

169,28; 116,94; 246,28  $\mu\text{g g}^{-1}$  de amostra), quanto de vitamina A (1913,33; 1410,70; 974,57; 2052,35  $\mu\text{g EAR g}^{-1}$  de amostra).

No entanto já foi comprovado em estudos anteriores como o de GÄRTNER et al. (1997), YEUM e RUSSELL (2002) e Tang (2010) que para aumentar a biodisponibilidade destes nutrientes no organismo o tomate deve estar na forma de molhos e processados, pois altas temperaturas e os lipídeos favorecem a conversão destas moléculas, apesar de que ainda há crescente necessidade de estudos para identificação das principais enzimas que participam ativamente neste processo de conversão.

Relacionados com os índices de carotenoides, os estudos sobre potenciais antioxidantes de frutas são de extrema importância para verificar as potencialidades de proteção contra radicais livres no organismo humano. Resultando desta potencialidade os efeitos que os carotenoides possuem quando estão biodisponíveis no organismo.

O tomate fresco foi o que apresentou maior potencial antioxidante. Os maiores potenciais antioxidantes entre as amostras desidratadas foram 58,07 % e 57,76 %, correspondendo respectivamente às amostras secas em estufa com circulação de ar forçada e tratamento osmótico e estufa convencional sem tratamento osmótico, ambos a 70 °C. Já a 60°C, os melhores resultados dos percentuais de proteção antioxidante independeram do tipo de estufa ou do tratamento osmótico.

### **3.4 CONCLUSÃO**

Os métodos de secagem avaliados podem ser alternativas vantajosas para o pequeno produtor, mantendo as propriedades físico-químicas e nutricionais após o processo. Independentemente do tipo de estufa, as avaliações indicaram acúmulo de compostos funcionais em frutos desidratados. O pré-tratamento osmótico, além de acelerar o processo de secagem, propiciou aumento significativo na relação doçura e acidez, favorecendo a aceitação dos consumidores. As maiores concentrações de carotenoides, betacaroteno e vitamina A, foram observadas nas amostras secas a 70°C, em estufa com circulação e com pré-tratamento osmótico e em estufa convencional sem pré-tratamento osmótico. A atividade antioxidante nas amostras de tomate fresco foi maior do que nas amostras desidratadas.

### 3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANESE, M.; BOT, F.; PANOZZO, A.; MIROLO, G.; LIPPE, G. Effect of ultrasound treatment, oil addition and storage time on lycopene stability and in vitro bioaccessibility of tomato pulp. **Food Chemistry**, v.172, p. 685-691, 2015.

BARREIROS, A. L. B. S.; DAVID, J. M.; DAVID, J. P. Estresse oxidativo: Relação de espécies reativas e defesa do organismo. **Química Nova**, v.29, p. 113-123, 2006.

BENLLOCH-TINOCO, M.; IGUAL, M.; SALVADOR, A.; RODRIGO, D.; MARTINEZ-NAVARRETE, N. Qualidade e aceitabilidade de microondas e purê de kiwifruit convencionalmente pasteurizado. **Food and Bioprocess Technology**, v.7, n. 11, p. 3282-3292, 2014.

CANDIDO, L. M. B.; CAMPOS, A. M. Alimentos funcionais. Uma revisão. **Boletim da SBCTA**, v. 29, n. 2, p. 193-203, 2005.

CERNISEV, S. Effects of conventional and multistage drying processing on non-enzymatic browning in tomato. **Journal of Food Engineering**, Amsterdam, v. 96, n. 1, p. 114-118, 2010.

CLIFF, M., LOK, S., LU, C.W., TOIVONEN, P.M.A Effect of 1-methylcyclopropene on the sensory, visual, and analytical quality of greenhouse tomatoes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 53, n. 1- 2, p. 11-15, 2009.

CORRÊA, J. L. G.; SILVA FILHO, E. D.; BATISTA, M. B.; AROLA, F.; FIOREZE, R. Desidratação osmótica de tomate seguida de secagem. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.10, n.1, p.35-42, 2008.

COUTO, M. A. L.; GUIDOLIN CANNIATTI-BRAZACA, S. Quantificação de vitamina C e capacidade antioxidante de variedades cítricas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, 2010.

CRUZ, M. F. P.; BRAGA, C. G.; GRANDI, M. A. Composição química, cor e qualidade sensorial do tomate seco a diferentes temperatura. Semina: **Ciências Agrárias**, v. 33, n. 4, p. 1475-1486, 2012.

DAVIES, B. H. Carotenoids. In GOODWIN, T. W. (Ed.). 2. **Chemistry and biochemistry of plant pigments**. London: Academic, p. 38-65, 1976.

FALADE, K.O.; IGBEKA, J.C. Osmotic Dehydration of Tropical Fruits and Vegetables. **Food Reviews International**, v. 23, p.373–405, 2007.

FERREIRA, S. M. R.; QUADROS, D. A.; KARKLE, E. N. L.; LIMA, J. J.; TULLIO, L. T.; FREITAS, R. J. S. Qualidade pós-colheita de tomate de mesa convencional e orgânico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30, n.4, p.858-864, 2010.

GÄRTNER, C.; STAHL, W.; SIES, H. Lycopene is more bioavailable from tomato paste than from fresh tomatoes. **The American journal of clinical nutrition**, v. 66, n. 1, p. 116-122, 1997.

HEIN, K.E.; TAGLIAFERRO A.R.; BOBILYA, D. J. Flavonoid antioxidants: Chemistry, metabolism and structure-activity relation ships. **Journal of Nutritional Biochemistry, Stonehaum**, v. 13, p. 572–584, 2002.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Secretaria de Estado da Saúde. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. ed. 4. São Paulo: [s.n.], p. 1020, 2008. Disponível em: <[http://www.crq4.org.br/sms/files/file/analisedealimentosial\\_2008.pdf](http://www.crq4.org.br/sms/files/file/analisedealimentosial_2008.pdf)>. Acesso em: 14 out. 2016.

KELEBEK, H.; SELLI, S.; KADIROGLU, P.; KOLA, O.; KESEN, S.; UÇAR, B.; ÇETINER, B. Bioactive compounds and antioxidant potential in tomato pastes as affected by hot and cold break process. **Food Chemistry**, v. 220, p. 31-41, 2017.

LIMA, A. de J. B.; CORRÊA, A. D.; DANTAS-BARROS, A. M.; NELSON, D. L.; AMORIM, A. C. L. Sugars, organic acids, minerals and lipids in jaboticaba. **Revista brasileira de fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 540-550, 2011.

MACEDO, I. Y. L.; GARCIA, L. F.; NETO, J. R. O.; LEITE, K. C. S.; FERREIRA, V. S.; GHEDINI, P. C.; GIL, E. S. Electroanalytical tools for antioxidant evaluation of red fruits dry extracts. **Food Chemistry**, v. 217, p. 326-331, 2017.

MENEZES, P. E.; DORNELLES, L. L.; OLIVEIRA FOGAÇA, A.; BOLIGON, A. A.; ATHAYDE, M. L.; & BERTAGNOLLI, S. M. M. Composição centesimal, compostos

bioativos, atividade antioxidante e caracterização fenólica da polpa de goiaba. **Disciplinarum Scientia Saúde**, v. 17, n. 2, p. 205-217, 2016.

MOLDOVAN, B.; FILIP, A.; CLICHICI, S.; SUHAROSCHI, R.; BOLFA, P.; DAVID, L. Antioxidant activity of Cornelian cherry (*Cornus mas* L.) fruits extract and the *in vivo* evaluation of its anti-inflammatory effects. **Journal of Functional Foods**, v. 26, p. 77-87, 2016.

MONTEIRO, C. S.; BALBI, M. E.; MIGUEL, O. G.; PENTEADO, P. D. S., HARACEMIV, S. M. C. Qualidade nutricional e antioxidante do tomate “tipo italiano”. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara-SP, v. 19, n. 1, p. 25-31, 2008.

MORITZ, B.; TRAMONTE, V. L. C. Biodisponibilidade de Licopeno. **Revista de Nutrição**, v. 19, n. 2, p. 265-273, 2006.

NELLIS, S. C.; CORREIA, A. D. F. K.; SPOTO, M. H. F. Extraction and quantification of carotenoids from dehydrated mini-tomatoes (Sweet Grape) by applying different solvents. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, 2017.

PAULA, J. T.; RESENDE, J. T. V.; FARIA, M. V.; FIGUEIREDO, A. S. T.; SCHWARZ, K.; NEUMANN, E. R. Physicochemical characteristics and bioactive compounds in tomato fruits harvested at different ripening stages. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 4, 2015.

PEREIRA, C. A. M.; SILVA, A. M.; SCHNEIDER, V.C. PROPRIEDADES QUÍMICAS E FARMACOLÓGICAS DO LICOPENO. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v.6 n.2, p.36-61, 2009.

ROBERFROID, M. Functional food concept and its application to prebiotics. **Digestive and Liver Disease**. v. 34, Suppl. 2, p. 105-10, 2002.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Brazil: a bounty of carotenoid source. **Sight and life newsletter**, v.4, p.3-9, 2002.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; FILHO, J. M.; MOREIRA, A. V. B. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas no

sistema beta-caroteno/ácido linoleico. **Embrapa Agroindústria Tropical- Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2006.

SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J.; BRANCO, I. G.; BITTENCOURT, T. U.; MUNHOZ, C. L. Influência da geometria e da temperatura na cinética de secagem de tomate (*Lycopersicon esculentum*). **Food Science and Technology**, Campinas, p. 308-312, 2011.

SANTOS-SÁNCHEZ, N. F.; VALADEZ-BLANCO, R.; GÓMEZ-GÓMEZ, M. S.; PÉREZ-HERRERA, A.; SALAS-CORONADO, R. Effect of rotating tray drying on antioxidant components, color and rehydration ratio of tomato saladette slices. **LWT- Food Science and Technology**, v.46, n.1, 298-304, 2012.

SHAHIDI, F.; ALASALVAR, C.; LIYANA-PATHIRANA, C.M. Antioxidant phytochemicals in hazelnut kernel (*Corylus avellana* L.) and hazelnut byproducts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 55, n. 4, p. 1212-1220, 2007.

SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B.; FURUMOTO, O.; BOITEUX, L. S.; FRANÇA, F. H.; BÔAS, G. L. V.; BRANCO, M. C.; MEDEIROS, M. A.; MAROUELLI, W.; SILVA, W. L. C.; LOPES, C. A.; ÁVILA, A. C; NASCIMENTO, W. M.; PEREIRA, W. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Agência Embrapa de informação tecnológica. **Cultivo de tomate para a industrialização**. Lançamento 2003. (<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial/cultivares.htm>) Acesso em 22/11/2017.

SOUZA, P. H. M.; SOUZA NETO, M. H.; MAIA, G. A. Componentes funcionais nos alimentos. **Boletim da SBCTA**, v. 37, n. 2, p. 127-135, 2003.

SOUZA, C. O.; MENEZES, J. D. S.; NETO, D. C. R.; ASSIS, J. G. A.; SILVA, S. R.; DRUZIAN, J. I. Carotenoides totais e vitamina A de cucurbitáceas do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Semiárido. **Ciência Rural**, v. 42, n. 5, p. 926-933, 2012.

TANG, Guangwen. Bioconversion of dietary provitamin A carotenoids to vitamin A in humans. **The American journal of clinical nutrition**, v. 91, n. 5, p. 1468S-1473S, 2010.

TOOR, R. K.; SAVAGE, G. P. Effect of semi-drying on the antioxidant components of tomatoes. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 94, n. 1, p. 90-97, 2006.

TRUMBO, P.; YATES, A. A.; SCHLICKER, S., POOS, M. Dietary reference intakes: vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium, and zinc. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 101, n. 3, p. 294-301, 2001.

UNLU, N. Z.; BOHN, T.; FRANCIS, D. M.; NAGARAJA, H. N.; CLINTON, S. K.; SCHWARTZ, S. J. Lycopene from heat-induced cis-isomer-rich tomato sauce is more bioavailable than from all-trans-rich tomato sauce in human subjects. **British Journal of Nutrition**, v.98, p. 140-146, 2007.

VIÉGAS, F. C. P. **A citricultura brasileira**. 2 ed. Campinas: Cargil, 1991

YEUM, K.; RUSSELL, R. M. Carotenoid bioavailability and bioconversion. **Annual review of nutrition**, v. 22, n. 1, p. 483-504, 2002.