**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Variáveis relacionadas ao processamento de minitomates inteiros desidratados em secador convectivo adiabático e liofilizados

Angela de Fátima Kanesaki Corrêa

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutora em Ciências. Área de Concentração:
Ciência e Tecnologia de Alimentos

**Piracicaba
2015**

Angela de Fátima Kanesaki Corrêa
Engenheira de Alimentos

Variáveis relacionadas ao processamento de minitomates inteiros desidratados em secador convectivo adiabático e liofilizados

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientadora:
Profª Dra. **MARTA HELENA FILLET SPOTO**

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutora em Ciências. Área de Concentração:
Ciência e Tecnologia de Alimentos

Piracicaba
2015

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Corrêia, Angela de Fátima Kanesaki

Variáveis relacionadas ao processamento de minitomates inteiros desidratados em secador convectivo adiabático e liofilizados / Angela de Fátima Kanesaki Corrêia. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2015.
150 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Sweet Grape 2. Tratamento Osmótico 3. Sensorial 4. Licopeno I. Título

CDD 664.805642
C824v

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Dedico este trabalho à Ana Claudia Kanesaki Correia, minha filha e ao Antônio Nelson Correia Filho, meu esposo, pelo incentivo e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pelo dom da vida e pelas oportunidades concedidas.

A Nossa Senhora Aparecida, fé incondicional.

À prof^a. Dra Marta Helena Fillet Spoto pela orientação, ensinamentos, amizade, dedicação e confiança. Exemplo de lealdade, sabedoria e coerência.

À minha filha Ana Claudia Kanesaki Correia, luz e alegria da minha vida.

Ao meu esposo prof. Antonio Nelson Correia Filho pelo amor, apoio, ensinamentos e contribuições valiosas.

À minha família, em especial as minhas irmãs pela grande união e torcida.

À ESALQ-USP pelas oportunidades de aprendizado e desenvolvimento, principalmente ao laboratório de Frutas e Hortaliças.

Aos professores do LAN por proporcionarem a construção do conhecimento e da pesquisa.

Aos pesquisadores que participaram diretamente do projeto Ana Loro, Cintia Sabaddotto, Letícia Camargo, Patrícia Marins e Stéfani Nellis.

À FAPESP e CNPq pelo auxílio financeiro.

Aos que participaram ativamente na maratona dos experimentos infindáveis Ana Loro, Carol Salles, Cintia Sabaddotto, Luciane Sanchez, Letícia Camargo, Patrícia Marins, Patrícia Morales, Stéfani Nellis e Zenaide Salomão.

Aos membros do GEFH (Grupo de Extensão de Frutas e Hortaliças) pós-graduandos e estagiários que contribuíram com as atividades de análises e compartilharam experiências, não mencionarei nomes pois poderia ser injusta no esquecimento de alguém.

À Evanilda Teresinha Perissinotto Prospero (*in memoriam*) que coordenava o grupo GEFH nas atividades e plantões.

Aos técnicos de laboratório da ESALQ/LAN por disponibilizarem os equipamentos e permitirem a realização do experimento.

Aos secretários da pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fábio Benedito Rodrigues e Ana Paula Meneghetti, pela atenção e prontidão.

Aos funcionários e secretários (as) do Departamento de Agroindústria Alimentos e Nutrição.

Ao laboratório de Engenharia de Alimentos em nome da prof^a Dra Patrícia Carla B. T. Moraes e ao laboratório de Processos Químicos em nome dos profs. Dr Aparecido dos Reis Coutinho e Dr Manoel O. Alvarez Mendez, da Universidade Metodista de Piracicaba, pelo auxílio na realização das análises.

Ao laboratório de microbiologia em especial a Stéfani Nellis e Zenaide Salomão.

Ao Dr José Guilherme Prado Martin pelo auxílio na discussão dos resultados.

À Dra Paula Porrelli M. Silva e a prof^a Dra Fabíola Cristina R. Oliveira pelo ajuda com o programa SAS.

À prof^a. Dra Sonia Maria S. Piedade e prof. Dr Idemauro Antonio R. Lara pela amizade e orientação na parte estatística experimental.

Ao engenheiro de alimentos prof. Igor Galvão pelas sugestões e auxílio.

Aos membros da banca examinadora pelas sugestões e contribuições.

À empresa Sakata Seed, pelo apoio e incentivo a pesquisa sobre minitomates.

À empresa produtora e comercializadora, Grupo NK, pelo fornecimento das amostras de minitomates *Sweet Grape*.

À indústria Liotécnica Tecnologia em Alimentos, pelo processamento de liofilização dos minitomates.

À indústria Cristallina Ltda pelo fornecimento do açúcar invertido.

À empresa Tradbor pelo fornecimento das embalagens.

Ao CEAGESP, em nome da Engenheira de Alimentos Fabiane Camara, pelo auxílio da logística e transporte das matérias primas.

Ao ITAL especificamente ao Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos (CCQA) pelas determinações de carotenoides.

Muitos foram os que proporcionaram o desenvolvimento deste trabalho, pois não há nada que possa ser realizado de forma isolada. A todos que contribuíram de forma direta ou indireta presto minha homenagem e meus sinceros agradecimentos.

"Pois a natureza não nos faz crescer apenas em forças e tamanho. À medida que este templo se amplia, se amplia dentro dele o espaço reservado para a alma e para a inteligência."

William Shakespeare

SUMÁRIO

RESUMO.....	15
ABSTRACT	17
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	19
LISTA DE TABELAS	21
1 INTRODUÇÃO	25
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	29
2.1 Tomate	29
2.1.1 Características do tomate.....	30
2.1.2 Tomate <i>Sweet Grape</i>	32
2.1.3 Perdas pós-colheita.....	34
2.2. Processo de desidratação	34
2.2.1 Desidratação osmótica	35
2.2.2 Desidratação em secador adiabático	40
2.2.3 Desidratação por liofilização.....	43
3 OBJETIVOS	47
3.1 Objetivo geral	47
3.2 Objetivos específicos	47
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	49
4.1 Preparo das amostras	49

4.2 Desidratação osmótica	52
4.2.1 Preparo das soluções osmóticas	53
4.2.2 Determinação de perda de massa e incorporação de sólidos	54
4.2.3 Análises dos minitomates processados por desidratação osmótica	55
4.3 Desidratação adiabática	55
4.3.1 Condições do processo de desidratação adiabática.....	55
4.3.2 Análises do processamento de desidratação adiabática	57
4.4 Aplicações de antioxidante e acidulante	58
4.4.1 Condições do processo de aplicação de antioxidante e acidulante	59
4.4.2 Análise dos minitomates desidratados após aplicação de antioxidante e acidulante.....	59
4.5 Desidratação adiabática e liofilização - Comparação dos produtos desidratado e liofilizado.....	60
4.5.1 Análise dos produtos desidratados em secador adiabático e liofilizador	61
4.6 Análises físico-químicas	61
4.6.1 Umidade	61
4.6.2 Teor de sólidos solúveis	62
4.6.3 Sólidos totais	62
4.6.4 Atividade de água	62
4.6.5 Ácido ascórbico	62
4.6.6 Licopeno	63
4.6.7 Cor	63

	13
4.6.8 Firmeza	63
4.6.9 Teor de cloreto de sódio.....	64
4.6.10 Sulfito	64
4.6.11 pH.....	64
4.6.12 Acidez titulável total.....	64
4.6.13 Ratio	65
4.7 Análises microbiológicas	65
4.8 Análise sensorial	65
4.9 Análise estatística	68
4.10 Disposição dos resíduos de análises	68
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	69
5.1 Desidratação Osmótica	69
5.1.1 Caracterização do produto da desidratação osmótica	69
5.1.2 Comportamento da umidade	70
5.1.3 Teores de sólidos solúveis e sólidos totais.....	72
5.1.4 Comportamento da atividade de água no produto desidratado.....	74
5.1.5 Efeito da perda de massa e incorporação de sólidos.....	76
5.2 Desidratação Adiabática.....	82
5.2.1 Perda de massa na desidratação adiabática.....	82
5.2.2 Caracterização do produto da desidratação adiabática	83
5.3 Efeito das aplicações de antioxidante e acidulante	91

5.4 Minitomates submetidos à desidratação adiabática e liofilização	100
5.4.1 Análises físico-químicas de minitomates desidratados em secador adiabático e liofilizados	100
5.4.2 Análises microbiológicas dos minitomates desidratados em secador adiabático e liofilizados	115
5.4.3 Análise sensorial dos minitomates desidratados em secador adiabático e liofilizados	115
6 CONCLUSÕES.....	123
REFERÊNCIAS	125
ANEXOS.....	145

RESUMO

Variáveis relacionadas ao processamento de minitomates inteiros desidratados em secador convectivo adiabático e liofilizados

Os produtos com umidade reduzida têm-se evidenciados como proposta alternativa para disponibilizar produtos de origem vegetal caracterizados pelo alto teor de umidade e vida útil curta, proporcionando, assim, um produto diferenciado, estável, com maior tempo de vida útil, além de possibilitar diversificação no consumo e aplicações. Este trabalho teve como objetivo a desidratação de minitomates inteiros do híbrido *Sweet Grape*, pelo processo de secagem convectiva adiabática e as interferências do pré-tratamento osmótico e adição de antioxidante, além da comparação do produto desidratado e liofilizado. O tratamento osmótico consistiu de cinco combinações de soluções osmóticas compostas por açúcar invertido, sacarose e cloreto de sódio. A desidratação adiabática foi caracterizada por duplo estágio a 80°C/ 2h em seguida a diferentes temperaturas: 50, 60, 70 e 80°C, até atingir umidade do produto de aproximadamente 30%. Foram aplicados antioxidantes e acidulante (ácido ascórbico, metabissulfito de sódio e ácido cítrico), no intuito de minimizar as alterações durante a desidratação. Em seguida, foi realizado um comparativo entre minitomates desidratados e liofilizados, acondicionados em embalagem laminada e mantidos a 5°C por 120 dias. O tratamento osmótico composto por açúcar invertido (60°Brix), sacarose (15%) e NaCl (5%) a 25°C por 50 min foi o processo mais eficaz, que apresentou menor incorporação de sólidos, maior perda de massa e menor atividade de água, associado à aplicação de 750mg.L⁻¹ de ácido ascórbico, 50mg.L⁻¹ de metabissulfito de sódio e 3g.L⁻¹ de ácido cítrico. Os minitomates desidratados em duplo estágio a 80°C/2h e 70°C/11h apresentaram melhor aceitação quando comparados aos liofilizados, visto que a liofilização promoveu redução acentuada da cor e umidade, tornando o produto mais rígido. As características dos produtos desidratados e liofilizados foram mantidas estáveis por um período de 90 dias, aproximadamente, e o tratamento osmótico promoveu maior estabilidade aos produtos durante o armazenamento.

Palavras chave: *Sweet Grape*; Tratamento Osmótico; Sensorial; Licopeno

ABSTRACT

Variables related to processing of dehydrated whole cherry tomatoes in adiabatic and lyophilized convective dryer

Products with low humidity have been considered an alternative for vegetable products characterized by high humidity content and short shelf life. Thus low-humidity products provide stable with longer shelf life products, enabling diversity for consumption and applications. This study investigated dehydration of whole cherry tomatoes of the Sweet Grape variety by the process of adiabatic convective drying and interference of osmotic pretreatment and antioxidant addition, comparing to dehydrated and lyophilized tomatoes. The treatment consisted of five combinations of osmotic solutions composed by inverted sugar, saccharose and sodium chloride. Adiabatic dehydration was characterized by double stage at 80°C/2 h followed by different temperatures: 50, 60, 70 and 80°C until the product reached moisture of 30%. Antioxidants and acidulants were applied (ascorbic acid, sodium metabisulphite and citric acid) to minimize changes during dehydration. Afterward, we compared dehydrated and lyophilized cherry tomatoes, packed in laminated packaging and kept at 5°C for 120 days. The osmotic treatment with inverted sugar (60° Brix), sucrose (15%) and sodium chloride (5%) at 25°C for 50 min was the most effective process. This process showed lower incorporation of solids, greater weight loss and lower water activity, associated with the application 750 mg.L⁻¹ of ascorbic acid, 50 mg.L⁻¹ of sodium metabisulphite and 3 g.L⁻¹ of citric acid. The cherry tomatoes dehydrated in a double stage at 80°C/2 h and 70°C/11 h showed better acceptance when compared to lyophilized ones as freeze-drying caused greater color and moisture reduction, making the product more rigid. Characteristics of dehydrated and lyophilized products were kept stable for roughly 90 days and the osmotic treatment on the products promoted greater stability during storage.

Keywords: Sweet Grape; Osmotic Treatment; Sensorial; Lycopene

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Estrutura do licopeno	32
Figura 2- Minitomate <i>Sweet Grape</i> (<i>Solanum lycopersicum</i>)	33
Figura 3- Fluxograma do processamento de minitomates Sweet Grape	51
Figura 4- Modelo de ficha para os testes de Aceitação e Intenção de Compra.....	67
Figura 5- Minitomates <i>Sweet Grape</i> congelados e após desidratação osmótica	69
Figura 6- Atividade de água dos minitomates desidratados por 120 min em diferentes soluções osmóticas	75
Figura 7- Perda de massa total (%) dos minitomates desidratados em diferentes soluções osmóticas.....	76
Figura 8- Perda de massa dos minitomates a 25°C	79
Figura 9- Perda de massa dos minitomates a 45°C	80
Figura 10- Incorporação de sólidos na desidratação osmótica a 25°C e 45°C	81
Figura 11- Perda de massa dos minitomates submetidos à desidratação adiabática	82
Figura 12- Sólidos solúveis nos minitomates desidratados	92

Figura 13- Atividade de água nos minitomates desidratados	93
Figura 14- Cloreto de sódio nos minitomates desidratados	94
Figura 15- Ácido ascórbico e licopeno nos minitomates desidratados	95
Figura 16- Firmeza dos minitomates desidratados	97
Figura 17- Cor dos minitomates desidratados	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Pré-tratamento osmótico de minitomates <i>Sweet Grape</i> em diferentes concentrações	52
Tabela 2- Minitomates <i>Sweet Grape</i> submetidos à desidratação adiabática, em diferentes temperaturas (°C)	56
Tabela 3- Ácido ascórbico, metabissulfito de sódio e ácido cítrico incorporados na solução osmótica	59
Tabela 4- Análises físico-químicas dos minitomates <i>in natura</i> e congelados (-22°C)	70
Tabela 5- Umidade (%) dos minitomates desidratados por imersão em diferentes soluções osmóticas por 120 min	71
Tabela 6- Sólidos solúveis (°Brix) e sólidos totais (%) dos minitomates desidratados em diferentes soluções osmóticas por 120 min em diferentes temperaturas	73
Tabela 7- Umidade, sólidos solúveis, Aw e sólidos totais dos minitomates após desidratação adiabática	84
Tabela 8- Ácido ascórbico, licopeno e firmeza dos minitomates após desidratação adiabática	86
Tabela 9- Parâmetros de cor dos minitomates após desidratação adiabática	89
Tabela 10- Umidade (%) de minitomates <i>Sweet Grape</i> após desidratação adiabática e liofilização	101

Tabela 11- Valores de pH de minitomates <i>Sweet Grape</i> após desidratação adiabática e liofilização	102
Tabela 12- Atividade de água (A_w) de minitomates <i>Sweet Grape</i> após desidratação adiabática e liofilização	103
Tabela 13- Sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$) de minitomates <i>Sweet Grape</i> após desidratação adiabática e liofilização	104
Tabela 14- Acidez total ($\text{g } 100 \text{ g}^{-1}$ de ácido cítrico) de minitomates <i>Sweet Grape</i> após desidratação adiabática e liofilização	105
Tabela 15- <i>Ratio</i> de minitomates <i>Sweet Grape</i> após desidratação adiabática e liofilização	106
Tabela 16- Sólidos totais (%) de minitomates <i>Sweet Grape</i> após desidratação adiabática e liofilização	107
Tabela 17- Ácido ascórbico ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$) de minitomates <i>Sweet Grape</i> após desidratação adiabática e liofilização	108
Tabela 18- Licopeno ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$) de minitomates <i>Sweet Grape</i> após desidratação adiabática e liofilização	109
Tabela 19- Firmeza (N) de minitomates <i>Sweet Grape</i> após desidratação adiabática e liofilização	110
Tabela 20- Parâmetros colorimétricos L de minitomates <i>Sweet Grape</i> após desidratação adiabática e liofilização	111
Tabela 21- Parâmetros colorimétricos Croma de minitomates <i>Sweet Grape</i> após desidratação adiabática e liofilização	113

Tabela 22- Parâmetros colorimétricos ângulo de cor <i>Hue</i> de minitomates <i>Sweet Grape</i> após desidratação adiabática e liofilização	114
Tabela 23- Atributos aparência e cor de minitomates <i>Sweet Grape</i> desidratados e liofilizados, em 3 períodos de armazenamento	116
Tabela 24- Atributos aroma e textura de minitomates <i>Sweet Grape</i> desidratados e liofilizados, em 3 períodos de armazenamento	118
Tabela 25- Atributos sabor e impressão global de minitomates <i>Sweet Grape</i> desidratados e liofilizados, em 3 períodos de armazenamento	119
Tabela 26- Atitude de intenção de compra de minitomates <i>Sweet Grape</i> desidratados e liofilizados em diferentes períodos de armazenamento	121

1 INTRODUÇÃO

O tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) é considerado a segunda hortaliça mais cultivada mundialmente. O segmento de tomate de mesa contribui em média com 60% da produção; os 40% restantes destinam-se ao processamento industrial (AGRIANUAL, 2013; FAO, 2013).

O cultivo do tomate no Brasil representa 20% do total de hortaliças; os principais estados produtores são Goiás, São Paulo e Minas Gerais. O acréscimo na produção é consequência do aumento da produtividade do tomate destinado à indústria, devido à introdução de variedades híbridas mais resistentes (AGRIANUAL, 2013; IBGE, 2014).

A produção de tomate é estabelecida por duas cadeias distintas, representadas por produtos destinados ao consumo *in natura* e ao processamento industrial, em função das características intrínsecas da produção, beneficiamento, processamento e comercialização. Essas cadeias produtivas variam desde as variedades utilizadas até as formas de cultivo, manuseio e colheita (MATOS; SHIRAHIGE; MELO, 2012; WIENDL, 2010).

Em função do tomate ser um produto sensível à deterioração, representado por vida útil em torno de uma a duas semanas, muitas de suas cultivares passaram por modificações genéticas, que as tornaram mais resistentes às operações estabelecidas durante o processo de comercialização, proporcionando maior resistência pós-colheita. No Brasil, o tomate é produzido durante todo ano e inúmeros são as cultivares existentes que atendem às diferentes demandas, desde a indústria até o consumo *in natura* (FERREIRA; FREITAS; LAZZARI, 2004; SANINO; CORTEZ; MEDEIROS, 2002).

Entre os tipos de tomate lançados no mercado, destacam-se os minitomates, que pertencem ao grupo cereja e apresentam variações quanto ao formato, podendo ser oval, periforme ou redondo; na coloração, entoadando desde amarela, laranja ou vermelha e no tamanho, variando de 5 a 30g cada unidade, além do valor nutricional que difere quando comparado a outras cultivares (AGUIAR; ABRAHÃO; ANJOS, 2012; ALVARENGA, 2004).

Um dos híbridos que se destaca é o tomate *Sweet Grape*, desenvolvido pela empresa japonesa Sakata Seed Sudamérica, do segmento de sementes, e que

possui as seguintes características: tamanho pequeno, formato alongado, peso médio de 12g, coloração vermelho intenso, baixo índice de acidez, teor de açúcar elevado e sabor característico, apresenta grande aceitação do consumidor e valor agregado de comercialização, com perspectiva de aumento na produção e consumo estimado em torno de 20% (JUNQUEIRA; PEETZ; ONODA, 2011; VIEIRA et al., 2014).

À medida que aumenta o número de consumidores mais exigentes em relação à qualidade de um produto, torna-se necessário o desenvolvimento de opções diferenciadas para sua disponibilização e comercialização. Este fato incentiva estudos científicos com o propósito de estabelecer e manter a qualidade desejada e a segurança do produto, por um período prolongado. A indústria alimentícia tem passado por avanços tecnológicos relativos ao processamento e à conservação, visando à qualidade e segurança do alimento, além de benefícios à saúde do consumidor, pois as pessoas buscam a ingestão de alimentos adequados, saudáveis, nutricionalmente corretos e com qualidade (BATALHA 2001; CARVALHO; PALADINI, 2012; CORREIA, 2005).

A crescente demanda por alimentos saudáveis e nutritivos tem impulsionado o consumo de hortaliças. O tomate fornece antioxidantes, os carotenoides (licopeno) que atuam no combate aos radicais livres presentes nas células. Estudos epidemiológicos mostraram que o aumento do consumo de alimentos ricos em carotenoides, está relacionado com a diminuição do risco de várias doenças, devido à capacidade do licopeno e outros componentes antioxidantes em prevenir danos às células mediante interações sinérgicas (FRIEDMAN, 2002; GIOVANNUCCI et al., 2002; MARKOVIC; HRUSKAR; VAHCIC, 2006; MOURA-ANDRADE; OETTERER; TORNISIELO, 2010).

A desidratação do tomate representa uma alternativa de processamento tecnológico para conservação do produto, prolongando sua vida útil e permitindo o aproveitamento do excedente da produção e a utilização dos minitomates rejeitados da comercialização *in natura*, além de estar disponibilizando ao consumidor e às indústrias um produto diferenciado e estável, possibilitando uma infinidade de aplicações (HOLCMAN, 2009; NACHTIGALL et al., 2000).

A desidratação é um dos métodos mais antigos de conservação de alimentos; consiste no processo que utiliza energia térmica para remoção de líquidos de um

produto, sob forma de vapor, em temperatura menor que a de ebulição (OKADA et al., 1997; TRAVAGLINI; GASPARINO FILHO; AGUIRRE, 2002).

O tomate desidratado chegou ao mercado brasileiro vindo de outros países, particularmente Espanha e Itália, e de algumas produções nacionais em nível artesanal e em pequena escala. Portanto existe interesse por parte das pesquisas nacionais em investiga-lo como matéria prima para o processo industrial de secagem. O mercado para o tomate desidratado vem exigindo cada vez mais produtos de melhor qualidade, fato que vem motivando uma série de pesquisas sobre o assunto (CAMARGO, 2000; CAMARGO; CORREIA, 2012).

Em função da complexidade e relevância do processo de conservação do tomate, o trabalho teve como objetivo a desidratação de minitomates inteiros da variedade *Sweet Grape*, pelo processo de secagem convectiva adiabática e as interferências do pré-tratamento osmótico e adição de antioxidante, além da comparação do produto desidratado e liofilizado.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Tomate

O tomateiro é originário da Cordilheira dos Andes e pertencente à família das Solanáceas, planta de ordem Tubiflorae, do gênero *Licopersicon* e espécie *L. esculentum*, uma das hortaliças mais consumidas e mais industrializadas no mundo (NASCIMENTO et al., 2013; SILVA; GIORDANO, 2000).

No início da década de 90, a área plantada de tomate para processamento industrial era de 27 mil ha. O Nordeste (Pernambuco e Bahia) participou com 46%, Sudeste com 30% e o Cerrado (Goiás e Minas Gerais) com 24%. Em 2000, a área plantada representou 18 mil ha, o Cerrado foi considerado a região mais importante de produção de tomate industrial, abrigando 77% da área plantada, seguido por São Paulo (14%) e Nordeste (9%) (AGRIANUAL, 2002; MELO e VILELA, 2004). Com crescimento ascendente houve um aumento da área de cultivo passando para 60 mil ha em 2013 (IBGE, 2014).

O cultivo se distribuiu pelas regiões do território nacional, com participação significativa dos estados de Goiás, São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, e apresentou uma demanda de mercado crescente, estimulado pela busca de alimentos mais saudáveis, industrializados ou semi-prontos, garantindo praticidade e conveniência ao consumidor contemporâneo. Com destaque na produção de tomate, o Brasil obteve um crescimento acima da média mundial, que quase duplicou nos últimos 20 anos, promovido pelo aumento da produtividade, em função da difusão de técnicas de irrigação, uso intensivo de insumos e do desenvolvimento de híbridos mais produtivos e resistentes, favorecendo a redução de perdas no pós-colheita (CARVALHO; PAGLIUCA, 2007; EMBRAPA, 2011).

No *ranking* mundial, o Brasil ocupa a oitava posição, cabendo à China o primeiro lugar. As cultivares de tomate mais comercializadas nacionalmente são Santa Cruz, Salada, Cereja, Italiano e Penca (AGRIANUAL, 2013; FAO, 2013).

Neste segmento, as características de qualidade sensorial do fruto em relação ao tamanho, formato, aparência, textura, cor, sabor e aroma, além da diversificação na disponibilização do produto ao consumidor, são de extrema relevância, visto que a quantidade produzida e o preço são influenciados pelo fator sazonalidade. A

obtenção de tomates diferenciados, em termos de vida útil, atributos sensoriais, propriedades físico-químicas e nutricionais, são os maiores desafios dos produtores, industrializadores e comerciantes (AZEREDO, 2004; GUIMARÃES et al., 2008; GUSMÃO et al., 2000).

O tomate quando submetido a processamentos tecnológicos específicos, origina outros produtos, sendo que alguns deles apresentam elevado consumo no Brasil, cuja variação consiste em tomates inteiros, minimamente processados, despelados, em cortes, purê, polpa concentrada, suco, extrato, molhos, *catchup*, tomate seco, triturado, com diferentes graus de intensidade, inclusive tomate em pó (CAMARGO, 2005; GEORGÉ et al., 2011).

2.1.1 Características do tomate

Com características adaptáveis a quase todos os tipos de clima, sendo sua produção mais favorável ao clima tropical, o tomate é constituído de película, polpa, placenta e sementes. Fruto com características climáticas, sofrendo mudanças bioquímicas, como aumento na taxa respiratória, tanto o fruto na planta quanto após a colheita. No processo de amadurecimento, ocorre redução dos níveis de clorofila a e b, e aumento dos teores de licopeno e betacaroteno. Alimento pouco calórico, fonte de fibras, sais minerais e carotenoides, este responsável pela cor do fruto e dos produtos derivados (CAMARGO, 2000; CARVALHO et al., 2006)

A composição físico-química do tomate apresenta variação em relação às condições de cultivo, ambientais e nutricionais da planta; o fruto fresco apresenta em média 95% de umidade, 5% de matéria seca, 5% de sólidos solúveis, 4% de carboidratos, 1% de proteína, 0,3% de lipídeos e 0,28% de ácido cítrico (ALVARENGA, 2004; RESENDE et al., 2004; SILVA et al., 2010; TONON; BARONI; HUBINGER, 2006).

Aguiar, Abrahão e Anjos (2012) salientam a presença de vitaminas, predominantemente A e C, que fazem parte da matéria seca. Com relação à acidez total o tomate atinge o máximo nos primeiros sinais de coloração amarela, e reduz progressivamente como avanço da maturação. O pH próximo ao neutro após a formação do fruto sofre redução durante o crescimento até o estágio verde-maduro,

e promove um aumento no período do amadurecimento (AL-SHAIBANI; GREIG 1979; LOWER; TOMPSON, 1996; SAPERS et al., 1978).

As características dos frutos de tomate para indústria vêm sendo alteradas por meio de melhoramento genético, com objetivo de selecionar cultivares propícios ao processamento. As características dos frutos podem ser influenciadas pelas condições climáticas da região produtora (CAMARGO, 2000). Tais condições, como temperatura, umidade relativa e intensidade luminosa, também exercem forte influência sobre as características sensoriais dos frutos em geral (FERREIRA et al., 2006).

O tomate é bastante utilizado na culinária em função das características sensoriais em promoverem cor, sabor e realce na aparência das preparações (PEREIRA, 2007). O fruto e seus derivados são ricos em substâncias antioxidantes, sendo assim, apresenta-se como fonte de carotenoides principalmente o licopeno, de ácido ascórbico e de compostos fenólicos. A composição química do tomate vai depender de fatores genéticos, como o grau de maturidade e as condições de cultivo (FRIEDMAN, 2002; MARKOVIC; HRUSKAR; VAHCIC, 2006; MOURA-ANDRADE; OETTERER; TORNISIELO, 2010; SOLOMONS; FRYHLE, 2000; WILBERG, 1991).

Os carotenoides, definidos como pigmentos naturais são responsáveis pela cor de muitos vegetais. De forma geral, são substâncias produzidas em frutas e hortaliças que lhes conferem cor vermelha e alaranjada. Tem grande importância nas funções biológicas dos seres humanos por possuir atividade pró-vitamina A, atua na diminuição do risco de doenças degenerativas e no fortalecimento do sistema imunológico (ALMEIDA-MURADIAN; PENTEADO, 2003; MERCADANTE, 1994; SENTANIN; AMAYA, 2007). Esse composto não é produzido pelo organismo, sendo necessário obtê-lo através da ingestão de alimentos (SILVA, 2001).

A estrutura dos carotenoides consiste de oito unidades isoprenoides e duplas ligações conjugadas, que conferem características cromóforas nos alimentos, também definidos como substâncias lipofílicas, insolúveis em água, extraídos a frio com solventes orgânicos (BOBBIO; BOBBIO, 1995; PASSOS, 2007).

Estudos mostraram, ainda, que tomates com maturação desenvolvida apresentam 76% de licopeno e 12,9% de betacaroteno. Tanto que, quanto mais avermelhado for o alimento, maior a concentração de licopeno (ROSA et al., 2011).

A quantidade de licopeno presente no fruto vai depender da variedade, de maturação, ambiente e fatores de cultivo, geralmente, o teor de licopeno em tomates

maduros varia entre 30 a 80 mg kg⁻¹ do produto fresco. A Figura 1 ilustra a estrutura química do licopeno. Ainda, é ressaltado que, o licopeno tem sua disponibilidade aumentada com o aquecimento e processamento do fruto (SEYMOUR; TAYLOR; TUCKER, 1993; SILVA; COSTA; SANTANA, 2010).

Figura 1- Estrutura do licopeno

Fonte: Rodriguez-Amaya, Kimura e Amaya-Farfán (2008)

2.1.2 Tomate *Sweet Grape*

Pertencente ao grupo do minitomate (*Solanum lycopersicum* var. *Cerasiforme*) é considerado como planta ornamental, de frutos pequenos e com coloração vermelho brilhante e forma geométrica específica. Tipo de fruto consumido *in natura* ou na preparação de pratos, devido à grande versatilidade de aplicação na gastronomia contemporânea, o que tem despertado grande interesse aos produtores (FILGUEIRA, 2008; LENUCCI et al., 2006; VIEIRA et al., 2014; ZHAO et al., 2010).

O híbrido *Sweet Grape* foi criado pela Sakata Seed Corporation, empresa que estuda o melhoramento de sementes de hortaliças e flores, com atividades no Brasil desde 1998, em Bragança Paulista, Estado de São Paulo (CUNHA, 2012). O minitomate *Sweet Grape* foi trazido ao Brasil em 2000, sendo que os primeiros experimentos de adaptação do cultivo ocorreram em 2007 na Fazenda Tozan, em Campinas no Estado de São Paulo (JUNQUEIRA, PEETZ; ONODA, 2011).

Segundo Junqueira, Peetz e Onoda (2011) o tomate *Sweet Grape* possui as seguintes características: tamanho pequeno e formato oblongo; intensa cor vermelha, tanto da polpa como da casca do fruto; acidez em torno de 0,5 g ác.

cítrico 100 g^{-1} ; peso variando entre 10 e 20g; casca fina e lisa; teor de sólidos solúveis entre 6 e 10°Brix ; frutos caracterizados de cachos grandes e alta produtividade (Figura 2).

Figura 2- Minitomates *Sweet Grape* (*Solanum lycopersicum*)

Fonte: Arquivo pessoal do autor

Estudo realizado por Costa et al. (2009), para avaliação dos parâmetros tecnológicos do tomate *Sweet Grape* comercializados em Goiás, demonstraram teor de sólidos solúveis $7,7^{\circ}\text{Brix}$; pH 4,4; acidez $336,1\text{ mg } 100\text{ g}^{-1}$ e *ratio*, (relação entre sólidos solúveis e acidez titulável total) de 22,6 indicando um produto saboroso. O teor de sólidos solúveis no fruto é influenciado pela adubação, temperatura e irrigação; o pH auxilia na verificação do estágio de maturação. A acidez titulável representa a quantidade de ácidos orgânicos e indica a adstringência do tomate que, consequentemente, influencia no sabor e fornece informações do estado de conservação.

Outro fator que também exerce influência nas características desses frutos de forma geral são as condições climáticas, como a temperatura, umidade relativa e intensidade luminosa. Os níveis de açúcar, por exemplo, podem depender do acúmulo de radiação solar incidente (FERREIRA et al., 2006).

O cultivo do tomate *Sweet Grape* segue um manejo especial. A área mínima para a produção da variedade é de 1250 m^2 de estufa. Além disso, o fruto é

semeado em substrato e necessita de irrigação localizada, até seu ponto exato de colheita (YONEYA, 2010).

2.1.3 Perdas pós-colheita

A perda pós-colheita é caracterizada pela não utilização do alimento após a colheita, em virtude da falta de comercialização ou do consumo do produto em tempo hábil, e pode ser mensurável em termos quantitativos (perda de peso, perdas por manuseio inadequado); qualitativos (perdas no sabor, aroma, textura e na aparência) e perdas nutricionais (decorrentes de reações metabólicas que conduzem a uma redução dos nutrientes). Em consequência, o efeito isolado ou combinado dessas perdas promoverá a deterioração do valor comercial do produto (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O tomate sendo de característica climatérica pode apresentar perdas de 2 a 25% no atacado e de 8 a 30% no varejo. Essas perdas no pós-colheita dependem da cultivar, classe do produto, sazonalidade, forma de beneficiamento, manuseio, transporte e embalagem utilizada. São denominadas perdas a porção do produto sem condições de comercialização e consumo, tais como, danos físicos de amassamento e fissuras; manchas e podridões promovidas por doenças, pragas, fungos e bactérias, que afetam a aparência e a qualidade (HENZ; MORETTI, 2005).

Para entender o quadro de desperdício de alimentos é necessário acompanhar a trajetória das perdas, que começam na produção, passam pela estocagem, transporte, armazenagem e chegam aos expositores nos pontos de venda. Em cada uma dessas etapas, as perdas podem ser minimizadas, sensivelmente, com aplicação de recursos tecnológicos de conservação dos alimentos, promovendo maior vida útil ao produto (SIGRIST, 1990).

2.2. Processo de desidratação

Há décadas que os pesquisadores vêm estudando técnicas para preservar e conservar os alimentos com o objetivo de melhor aproveitá-los em seu estado

natural. Assim, a desidratação consiste em uma das técnicas de conservação de alimentos mais antiga (CAMARGO; HAJ-ISA; QUEIROZ, 2007; MELONI, 2003).

É notória a diversificação de estudos apresentados no sentido de analisar os processos de secagem; alguns consideram as condições do ar, tais como temperatura, umidade relativa e velocidade, correlacionadas à taxa de secagem do sólido, enquanto outros consideram as condições do produto com ênfase nos mecanismos de arraste da umidade. A secagem pode ser definida como remoção de substâncias voláteis pela ação do calor, ou seja, é um processo de transferência de calor e massa, consistindo na evaporação da umidade contida no interior do produto (BARONI, 2004; CAMARGO, 2000).

A desidratação de alimentos, além de diminuir a massa total, reduz a atividade de água, resultando, como vantagem, o prolongamento da vida útil (GAVA, 2006; RAUPP et al., 2009). A quantidade de água disponível nos alimentos é a principal causa de deterioração dos mesmos, sendo a desidratação um método eficaz para a conservação de frutas e hortaliças. Tal método consiste, basicamente, na secagem pelo calor feita de modo artificial, e em condições controladas de temperatura, umidade e corrente de ar.

Vasconcelos e Melo Filho (2010) ressaltam que, além de prolongar a vida útil dos alimentos, ao se reduzir sua atividade de água, o processo de desidratação oferece ao consumidor produtos de fácil manuseio, como também, diversifica a oferta dos mesmos. Além disso, os produtos que são submetidos a tal procedimento, conservam em grande parte suas características físicas e nutricionais assim que são reidratados, voltando ao aspecto natural ou sofrendo pouca mudança.

2.2.1 Desidratação osmótica

A desidratação osmótica denominada de desidratação por impregnação e imersão é caracterizada pela transferência de massa de um meio mais concentrado para o meio menos concentrado, através da imersão do produto com elevado teor de umidade, em soluções hipertônicas isoladas, binárias de cloreto de sódio e sacarose, ou ternárias de cloreto de sódio, sacarose e água. O processo estabelece a formação de fluxos em contra corrente, promovendo a eliminação da água do interior do alimento, sem mudança de fase, devido à diferença de potencial osmótico

que ocorre entre o alimento e a solução osmótica, e o aumento do teor de sólidos solúveis, através da incorporação da solução, promovendo perda de peso, resultando em um produto desidratado com umidade intermediária, passível à submissão de outros processos tecnológicos de conservação pelo calor ou frio, como refrigeração, congelamento, desidratação, liofilização e atomização (GARCIA-MUÑOZ; RIAÑO-LUNA, 1997; MOTTA, 2005; SACCHETTI; GIANOTTI; DALLA ROSA, 2001; TORREGGIANI, 1993).

A desidratação osmótica minimiza as perdas nutricionais de vitaminas, minerais e compostos bioativos, bem como, preserva as características sensoriais de aparência, aroma, cor e textura, portanto têm-se destacado como processo tecnológico para frutas e hortaliças tanto em processos convencionais como em desenvolvimento de novos produtos, em função de promover a obtenção de produtos diferenciados e de maior valor agregado (ALVES; SILVEIRA, 2002; AZAM; HAQ; HASNAIN, 2013; FERRARI et al., 2011; GOMES; CEREDA; VILPOUX, 2007; SERENO et al., 2001; SOUZA-NETO et al., 2004; TORREGGIANI; BERTOLO, 2001).

O tipo de soluto utilizado como substância osmótica afeta, significativamente, a cinética de remoção de água, o ganho de sólidos e o teor de água de equilíbrio. Açúcares com elevada massa molar promovem maior desidratação e menor impregnação, como é o caso da sacarose e xarope de glicose, que acarretam a diminuição do ganho de sólidos e aumento da perda de água, favorecendo a perda de massa. No caso de vegetais o uso de cloreto de sódio e outros sais são os mais indicados, pois a força motriz de redução da atividade de água é favorecida devido ao baixo peso molecular e a rápida penetração nas células do produto (AGNELLI; MARANI; MASCHERONI, 2005; BOLIN et al., 1983; DIONELLO et al., 2007; QUEIROZ, 2006; RAOULT-WACK, 1994).

Portanto, os solutos empregados na solução osmótica e as diferentes proporções das concentrações se constituem em um desafio para muitos pesquisadores na tentativa de potencializar o processo de desidratação osmótica, pois a cinética de remoção da água do produto, promovida pelo ganho de sólidos e da condição de equilíbrio na solução, são fortemente afetados pelo tipo de agente osmótico, concentração, massa molecular e comportamento iônico do soluto (QUEIROZ et al., 2007; SILVA et al., 2010; SINGH; KUMAR; GUPTA, 2007). Tem-se observado em trabalhos a utilização de diferentes tipos de solutos, além dos

tradicionais e mais utilizados, sacarose e cloreto de sódio, outros que apresentam alta solubilidade como glicose, frutose, maltose, oligossacarídeos, maltodextrina, lactose, sorbitol, manitol, xilitol, cerelose, trealose, açúcar invertido e amido (AZUARA; BERISTAIN; GUTIÉRREZ, 2002; FERRANDO; SPIESS, 2001; FERRARI et al., 2005; MARTINEZ et al., 2007).

O açúcar invertido na forma de xarope tem demonstrado excelente soluto osmodesidratante quando utilizado isolado ou na forma combinada com cloreto de sódio e sacarose. Apesar de poucos estudos apresentados, tem demonstrado que sua aplicação promove melhor qualidade em termos de aparência, textura, sabor e aroma, além de favorecer maior remoção da água durante a desidratação (CAMARGO, 2005; DIONELLO et al., 2007; QUEIROZ et al., 2007).

Por outro lado, devem-se levar em consideração outros aspectos que são fundamentais para o desempenho da desidratação osmótica, no intuito de potencializar a transferência de massa entre o produto e o meio osmótico, a natureza da matéria prima, forma, tamanho, espessura, rigidez e textura, apresentação física, grau de maturação, variedade, bem como as condições operacionais de processo, temperatura, agitação, tempo de contato da fração sólida com o xarope, proporção de produto em relação à solução osmótica (LENART; PIOTROWSKI, 2001; QUEIROZ et al., 2008; TORREGGIANI; BERTOLO, 2001). Proporções mais altas de soluções tendem a assegurar uma taxa constante de troca água/soluto, ao longo do processo. Portanto, são usualmente praticadas em experimentos laboratoriais, que requerem minimização na variação da composição da solução, porém, em processos industriais isto se torna inviável, sendo necessário buscar a redução desta proporção, de modo a garantir a maior transferência de massa entre produto e solução (RAOULT-WACK, 1994; RIZZOLLO et al., 2007; RODRIGUES; FERNANDES, 2007; SOUZA et al., 2004).

Os pesquisadores têm demonstrado que a aplicação da desidratação osmótica em tomates, como um tratamento que antecede à desidratação, promove a obtenção de produtos com melhoria nos aspectos sensoriais relacionados à cor, aparência e textura, bem como a redução de perdas dos nutrientes e compostos funcionais, principalmente o licopeno, além de favorecer a redução do tempo de desidratação de processos subsequentes.

Azoubel (1999) realizou experimento com tomates tipo cereja, onde, tomates inteiros foram perfurados com agulha a uma intensidade de 16 furos/cm² e

submetidos às soluções osmóticas de cloreto de sódio (10% e 25%) e cloreto de sódio com açúcar (10% e 25%) à temperatura de 25°C/120 min. Os resultados demonstraram que a concentração osmótica a 10% de NaCl apresentou melhor resultado, proporcionou maior taxa de perda de água e menor incorporação do soluto no produto. Conforme relatado no trabalho de Orlandin, Fontana e Sandri (2010), tomates tipo cereja cortados em duas partes e sem sementes foram submetidos à desidratação osmótica em diferentes soluções: sacarose (20%), NaCl (5%), sacarose (10%) com NaCl (5%), CaCl_2 (1%) e polvilho doce (2,5%) por 20 min à temperatura de 25°C. Os resultados apontaram que o pré-tratamento osmótico composto por sacarose (10%) e NaCl (5%), foi o mais efetivo, pois reduziu o tempo de secagem em 27%.

Baroni (2004) realizou estudo com tomates da Débora cortados ao meio e sem sementes, submetidos ao pré-tratamento osmótico de sal e sacarose e posterior secagem em cabine a 70°C/8 h. Segundo o autor, as amostras que foram submetidas ao pré-tratamento com NaCl promoveram maior umidade de equilíbrio para altas atividades de água e maior difusividade mássica na cinética de secagem, mas as amostras que continham sacarose na solução osmótica apresentaram menor grau de encolhimento no produto desidratado. Souza et al. (2004) realizaram experimento com tomates cortados em fatias e submetidos ao pré-tratamento de desidratação osmótica em soluções contendo 35% de sacarose e 5% de sal, a 30°C/80 min. Foi verificado que o pré-tratamento osmótico proporcionou a redução do tempo de secagem em 50%, quando submetidos à secagem convencional, em função da redução do conteúdo de água inicial.

No processo de desidratação osmótica o ponto crítico é o residual de solução osmótica liberado, que, se for descartado irá promover aumento do custo operacional do produto osmo-desidratado (PEIRÓ-MENA al., 2006; QUEIROZ et al., 2008). Portanto várias propostas enfáticas têm sido apresentadas no intuito de reduzir este impacto, como, reciclagem, reaproveitamento e reutilização da solução osmótica nos processos sucessivos, na utilização como ingredientes que poderão ser incorporados na formulação de outros produtos ou substratos em processos fermentativos, em função deste residual apresentar elevado valor energético, além dos nutrientes nobres, como vitaminas e sais minerais, lixiviados dos produtos que foram imersos na solução (GARCIA-MARTINEZ et al., 2002; PEIRÓ-MENA;

CAMACHO; MARTÍNEZ-NAVARRETE, 2007; QUEIROZ et al., 2008; RODRIGUES, 2009).

2.2.1.1 Xarope de açúcar invertido

De grande aplicabilidade na indústria de alimentos, o xarope de açúcar invertido tem sido utilizado como constituinte da solução osmótica, tendo como benefícios a maior capacidade de remoção da água e a redução da atividade de água nos produtos (HANSSON; ANDERSSON; LEUFVÉN, 2001), além da facilidade no manuseio operacional, por ser ingrediente líquido (DIONELLO, et al., 2007).

Camargo (2005), ao desidratar tomate tipo italiano, relatou o efeito da solução osmótica composta por açúcar invertido (60°Brix) e cloreto de sódio (6,5%), que potencializou em seis vezes a perda de água no produto, comparado as demais soluções, de somente açúcar invertido e de sacarose com cloreto de sódio. Segundo Bernardi et al. (2009) pré-tratamentos em manga, que utilizaram açúcar invertido promovem maiores alterações na umidade, atividade de água, sólidos solúveis e perda de massa, além de melhorar a aceitabilidade do produto desidratado.

O açúcar invertido é produzido a partir da hidrólise da sacarose por via química em meio ácido, por via enzimática em reação catalisada por invertase, ou por resina de troca iônica, que consiste de uma coluna contendo íons de hidrogênio. A hidrólise ácida é um processo usual e econômico, consiste de uma operação descontínua à temperatura de 70 a 80°C, por aproximadamente 2 h, seguido da neutralização com álcali ou sal (PASCHOALIM, 1990; RODRIGUES et al., 2000).

O grau de inversão vai depender da concentração dos reagentes, temperatura e tempo de reação, que irá estabelecer a intensidade de quebra da sacarose em monômeros de glicose e frutose. Promovendo assim a produção de xarope de açúcar invertido com alto conteúdo de sólidos solúveis e elevada solubilidade da frutose (QUEIROZ, 2006; RODRIGUES et al., 2000).

O açúcar invertido apresenta capacidade de absorver água, mesmo em condições de umidade abaixo de 60%, em função da presença da frutose, que age como excelente agente redutor de atividade da água dos alimentos, além de proporcionar praticidade de aplicação (DIONELLO et al., 2007; HANSSON; ANDERSSON; LEUFVÉN, 2001; PODADERA, 2007).

2.2.2 Desidratação em secador adiabático

A desidratação em secador adiabático consiste na remoção da água pelo calor, promovido pelo ar quente. Geralmente o equipamento é constituído de uma câmara e disposto em bandejas perfuradas para proporcionar a circulação homogênea do fluxo de ar quente. Há duas variações para os secadores do tipo cabine, que podem apresentar bandejas fixas ou bandejas apoiadas sobre uma base móvel. Os secadores do tipo cabine, com bandejas fixas, são de construção simples e de custo relativamente baixo. A câmara possui apoio para as bandejas, e a distâncias entre elas vai depender do produto que será desidratado. Esses tipos de secadores possuem ventiladores centrífugos ou axiais para realizar a circulação do ar. São os equipamentos mais utilizados em função do custo mais acessível, da praticidade de operação e conveniência nas instalações (CHEFTEK; CHEFTEL, 1992; FELLOWS, 2006; MELONI, 2003).

O mecanismo da desidratação se baseia, principalmente, no potencial do ar ambiente aquecido, que é forçado entre a massa do produto, servindo para conduzir calor e absorver a umidade do mesmo. O ar quente é aquecido por resistências elétricas, vapor, chama ou outro mecanismo e direcionado por ventiladores ao alimento (MACHADO; TOLEDO, 2006; MELONI, 2003; ORDONEZ-PEREDA, 2005; SILVA; GIORDANO, 2000).

Normalmente são destinados à desidratação de frutas e hortaliças em pequena escala. Geralmente empregados em operações descontínuas, são flexíveis, de construção caracterizada por manutenção econômica. O produto em camadas finas é colocado de forma uniforme sobre as bandejas. As bandejas com o alimento são dispostas em prateleiras, facilitando o manejo. Possui como inconveniente a dificuldade de uniformização da taxa de secagem em todo o equipamento, o que pode gerar produtos desuniformes (FENNEMA, 1993; GAVA, 2006; MACHADO; TOLEDO, 2006).

Trabalhos têm sido apresentados no sentido de propor alternativas de processamento de desidratação de frutas e hortaliças, visando à perda de massa, através da retirada da água, redução de atividade de água, garantindo maior preservação do produto e minimização das alterações na qualidade do produto desidratado.

Em se tratando da desidratação de tomates, outros estudos foram realizados, com as mais diversas variedades e condições operacionais. Entretanto, a desidratação dos minitomates inteiros, sem a necessidade de cortar, perfurar ou remover a pele, antes da desidratação, não tem sido evidente como objeto de estudo mais efetivo.

No trabalho de Azoubel (1999) tomates tipo cereja foram pré-tratados osmoticamente e submetidos à secagem em secador tipo gaveta a 50, 60 e 70°C até atingirem umidade final de 30%. Segundo o autor, as melhores condições de desidratação foram a 50°C com velocidade do ar de $2,60\text{m.s}^{-1}$, pois promoveu aumento da difusividade efetiva e da taxa de secagem e melhores características de cor, maciez e menor encolhimento do produto desidratado.

Estudos foram realizados com tomates Debora e Rio Grande, submetidos à desidratação, a 60 e 70°C até umidade de 25 e 35%. Os resultados demonstraram que a ausência de semente e a menor geometria das amostras promoveram maior taxa de secagem nas duas variedades. Os testes sensoriais evidenciaram maior aceitação pela variedade Rio Grande, cortados ao meio e com umidade final de 35% (CAMARGO, 2000).

Romero-Peña e Kieckbusch (2002) realizaram estudos com tomate da variedade Santa Clara, cortados e perfurados com agulha, com e sem pele. As amostras foram desidratadas em secador de bandeja em dois estágios de temperatura, sendo, no primeiro estágio com variação de 80 a 150°C e no segundo estágio à temperatura fixa de 60°C. Os autores concluíram que a presença da pele dos tomates teve influencia negativa na taxa de secagem e que a desidratação inicial a 80°C/50 min e posterior redução a 60°C/10 h, apresentou taxa de secagem muito maior do que a secagem contínua a 60°C, mas em temperatura inicial de 100°C ou superior, promoveram escurecimento e degradação dos compostos aromáticos. O efeito das perfurações com agulhas na superfície do tomate cortado representaram aumento da taxa de secagem, em função da promoção do aumento da área de transferência de massa promovida pelos furos, mas os autores concluíram que a redução do tempo de secagem é inexpressiva, comparada à complexidade de implantação desta operação no processo.

Nos ensaios realizados com tomates Santa Clara, em fatias, submetidos ao secador de bandeja, concluiu-se que não houve redução do ácido ascórbico das amostras submetidas a 100°C/30 min, seguida de 60°C/ 6 h. Houve intensificação da

cor do produto no início do processo em função da concentração do licopeno, devido à evaporação da água, mas a partir do momento em que 50% da umidade inicial do produto foi removida ocorreu a degradação expressiva da cor do produto. Diante dos resultados do experimento, os autores relataram que a taxa de degradação da cor do produto está relacionada às condições tempo e temperatura de secagem, e que processos constituídos por dois estágios, sendo o inicial a temperatura alta por tempo pré-determinado seguida de um estágio final à temperatura de 60°C, promovem melhoria no aspecto do produto desidratado (ROMERO-PEÑA; KIECKBUSCH, 2003).

Camargo (2005) em experimento com tomates tipo italiano, cortados ao meio e sem sementes, submetidos ao pré-tratamento osmótico, estudou diferentes tipos de soluções e concentrações osmóticas, em seguida submeteu os tomates à secagem em secador com circulação de ar caracterizada por dois estágios, primeiro a 80°C/2 h em seguida, o segundo estágio à temperatura de 60°C/10 h, visto que, nestas condições promoveu a redução do tempo no último estágio de secagem, conforme outros relatos apresentados (CAMARGO; MORETTI; LICCIARDO, 2002; IGARASHI, 1999; ROMERO-PEÑA, 1999)

No estudo apresentado por Raupp et. al. (2007), tomates da variedade Carmem cortados, em quatro partes e sem sementes foram desidratados em secador de bandeja em duplo estágio de secagem 100°C/ 5 h, seguido de 80°C no segundo estágio, até umidade final do produto de 60%. Os autores concluíram que a secagem realizada em dois estágios proporcionaram melhor aparência do produto desidratado e redução no tempo de processamento.

Em estudos realizados por Santos (2008), com tomates do tipo industrial, inteiros e em metades, submetidos ao pré-tratamento osmótico e secagem em cabine com ar quente a temperatura de 50, 60 e 70°C, foi observado que as taxas de degradação do ácido ascórbico foram dependentes dos processos submetidos nas amostras antes da desidratação, bem como da temperatura de secagem e verificou-se que, menores taxas de degradação da vitamina C, foram obtidas nos tomates inteiros do que nos tomates em metades.

Cruz, Braga e Grandi (2012) submeteram tomates da cultivar Dominador cortados ao meio e sem sementes ao processo de secagem em leito fixo, nas temperaturas de 55, 65, 75 e 85°C a uma velocidade do ar de 0,5 m s⁻¹. Através das análises dos resultados verificou-se que o aumento da temperatura de secagem

influenciou no aumento da coloração escura e na concentração de licopeno, por outro lado promoveu diminuição da cor vermelha e do teor de ácido ascórbico. Pelos resultados do teste sensorial pelo método afetivo os tomates tratados a 75°C obtiveram melhores índices de aceitação e intenção de compra.

No intuito de obter um resultado comparativo de minitomates *Sweet Grape* desidratados em secador solar e estufa, Alessi (2010), realizou experimento a partir de tomates inteiros congelados, submetidos ao pré-tratamento osmótico com 7,5% de sacarose e 2,5% de cloreto de sódio e posterior secagem em secador solar (72 h) e secador estufa (60°C/20 h) até que a umidade do produto atingisse 40%. Os resultados demonstraram que, na desidratação em estufa, houve maior redução da umidade com relação à desidratação solar, entretanto verificou-se que houve maior aceitação para os produtos desidratados em secador solar, quando analisados sensorialmente.

2.2.3 Desidratação por liofilização

O processo de liofilização também denominado por criodesidratação ou criosecagem, utilizado para conservação de alimentos com alto teor de umidade é composto por congelamento rápido e sublimação da água em condições de pressão reduzida. A sublimação da água é o processo de passagem da mesma do estado sólido para o gasoso, sem passar pelo estado líquido. O processo é lento e promove poucas alterações de ordem sensorial e nutricional aos produtos devido às baixas temperaturas de operacionalização. Neste procedimento o congelamento proporciona interrupção das reações químicas e das atividades biológicas, proporcionando a manutenção do sabor e do aroma do produto, pois as reações de degradação são mínimas a baixas temperaturas. A principal limitação deste processo é a econômica, uma vez que este é o processo mais oneroso dentre os processos de desidratação (AYROSA, 1998; AZEREDO, 2004; LIAPIS; BRUTTINI, 2006).

A liofilização é caracterizada por três etapas: congelamento, secagem primária e secagem secundária. Obtém-se um produto desidratado com baixa umidade (AZEREDO, 2004; CHANG et al., 2006; GEANKOPLIS, 2003)

De acordo com Ayrosa (1998), as operações que constituem a liofilização, a partir de uma abordagem técnica, podem ser descritas sequencialmente como o resfriamento da amostra, congelação da água livre e dos componentes eutéticos cristalizáveis, resistência de uma matriz amorfa constituída de solutos não cristalizáveis, sublimação do gelo a pressão reduzida, remoção da água dos solutos não cristalizáveis e a dessorção da umidade remanescente na amostra.

Quando comparada a outros processos de desidratação, a liofilização promove redução significativa de contaminação do produto, degradação promovida pelo calor, perda de voláteis, minimização das ações enzimáticas, desnaturação de proteínas e alterações da morfologia do material (FISCHER; BENNET, 1991). Por outro lado, a liofilização promove a rigidez da estrutura celular dos tecidos, que previne o colapso da matriz porosa, tornando o alimento mais firme. Esta porosidade permite que o produto se reidrate facilmente, uma característica indesejável (GEANKOPLIS, 2003; LIAPIS; BRUTTINI, 2006; OCHOA-MARTINEZ et al., 2012).

Chang et al. (2006) relataram estudo comparativo do processo de liofilização e desidratação, a partir de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cortados em cubos, submetidos ao congelamento a -55°C e posterior liofilização/24 h, e a desidratação realizada em secador a $80^{\circ}\text{C}/2$ h, seguida a $60^{\circ}\text{C}/6$ h. Os autores concluíram que o processo de desidratação em secador promoveu 60% de degradação do ácido ascórbico, comparado a liofilização que foi de 10%, por outro lado a liofilização representou perda de 40% do licopeno, enquanto que na desidratação em secador houve aumento de 170%.

Em trabalho com liofilização de ameixas da variedade Angeleno cortadas e sem caroço, submetidas ao congelamento a -18°C e posterior liofilização por período de 48 h, observaram teor de ácido ascórbico na fruta liofilizada de $31,2 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, caracterizando boa fonte de vitamina C (GABAS; TELIS-ROMERO; MENEGALLI, 2003).

Oliveira, Afonso e Costa (2011) aplicaram a liofilização em fruta sapoti, caracterizada pela alta perecibilidade e perda pós-colheita, como proposta de absorver o excedente da produção e possibilitar a disponibilização de um produto estável, seguro e de abrangência de mercado mais ampla. Os frutos foram descascados, fatiados e congelados a -18°C , em seguida, submetidos ao liofilizador de bancada por 24 h. Os autores concluíram que a liofilização não degradou o ácido ascórbico.

Na liofilização de polpa de fruta cajá, congeladas a -18°C e submetidas à liofilização por período de tempo variado. Oliveira (2012) observou maior taxa de secagem para polpa com adição de 17% de maltodextrina por 24 h de liofilização e efeito adjuvante na estabilidade do produto em pó.

Vieira, Nicoleti e Telis (2012), relataram em pesquisa com fatias de abacaxi congeladas a (-14 , -24 e -34°C) e posterior liofilização/24 h, que para os produtos com fatias de menor espessura houve maior retenção de ácido ascórbico, sendo atribuída à maior taxa de congelamento e, conseqüentemente, menor o tempo de secagem e menor cristal de gelo formado. Com relação à textura do produto liofilizado foi observada maior resistência de ruptura nas amostras com espessura e temperatura de congelamento intermediário. Quanto à temperatura de congelação, a temperatura de -24°C foi a mais favorável independente da espessura.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Verificar os aspectos da desidratação de minitomates inteiros da variedade *Sweet Grape*, pelo processo de secagem convectiva adiabática e as interferências do pré-tratamento osmótico e adição de antioxidante.

3.2 Objetivos específicos

Verificar o efeito da perda de água do produto na desidratação osmótica dos minitomates utilizando combinações de concentração de soluto e temperatura da solução;

Avaliar o efeito das variáveis temperatura e tempo no secador convectivo adiabático na obtenção de minitomates inteiros desidratados;

Analisar o efeito da adição de ácido cítrico, ácido ascórbico e metabissulfito de sódio, visando preservar a coloração característica dos minitomates desidratados;

Analisar comparativamente o produto desidratado e o liofilizado, em função das variações nas características dos produtos acondicionados em embalagem laminada e armazenados a $5^{\circ}\text{C}\pm 1$, no período de 120 dias.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Preparo das amostras

Os minitomates *Sweet Grape* foram fornecidos pela empresa do grupo NK, responsável pela produção e comercialização do produto, localizada na cidade de Mogi das Cruzes, Estado de São Paulo. Os minitomates foram acondicionados em caixas específicas de papelão ondulado, com capacidade de 10 kg, em seguida transportados em veículo refrigerado à temperatura de $15^{\circ}\text{C}\pm 3$, para a planta de processamento do laboratório de Engenharia de Alimentos da Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Metodista de Piracicaba, no *Campus* de Santa Bárbara d'Oeste, Estado de São Paulo.

Imediatamente após o transporte, os minitomates foram selecionados visualmente com relação à aparência, coloração, uniformidade, tamanho, grau de maturação e ausência de danos físicos. Os frutos selecionados foram higienizados em água corrente para a retirada de sujidades superficiais e sanitizados através de imersão em solução de cloro a 200 mg.L^{-1} (dicloro isocianurato de sódio dihidratado - 3% de cloro ativo) durante 15 min

Após a sanitização, os frutos foram drenados em peneiras de aço inoxidável durante 10 min e dispostos em papel toalha para absorção do residual de água da superfície. Os minitomates foram acondicionados em embalagens flexíveis de polietileno de baixa densidade, de tamanho 35x45 cm e espessura de 30 μm , contendo aproximadamente 1,5 kg de minitomates em cada unidade de embalagem. As embalagens foram vedadas em seladora Tec-Maq, modelo AP 450; em seguida, os pacotes foram dispostos em caixas plásticas brancas e rígidas 66x43 cm e colocados em prateleiras da câmara de congelamento marca Schmidt STR-6, com capacidade de 24 m³, à temperatura de $-22^{\circ}\text{C}\pm 2$, por um período de aproximadamente 15 dias, até o momento da realização dos processos experimentais. O experimento foi realizado no Laboratório de Frutas e Hortaliças do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição (LAN/ESALQ) em Piracicaba. Os minitomates *Sweet Grape* inteiros, congelados foram transportados de Santa Barbara d'Oeste a Piracicaba, em caixas de poliestireno expandido (80x60x40 cm)

em trajeto de 15 min. No laboratório os minitomates foram dispostos em freezer (Metalfrio – Vertical) na mesma temperatura.

As análises do experimento foram realizadas Laboratório de Frutas e Hortaliças do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição (LAN/ESALQ), com exceção das determinações de licopeno, cloreto de sódio, sulfito e microbiológicas que foram realizados no laboratório de Engenharia de Alimentos da Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo (UNIMEP). Nas amostras do estudo comparativo entre produtos desidratados e liofilizados, o teor de licopeno foi quantificado no Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL.

O processo experimental dos minitomates é representado na Figura 3 em forma de fluxograma. As etapas do experimento foram constituídas por: tratamento osmótico com diferentes soluções osmóticas; desidratação adiabática em diferentes temperaturas, em amostras pré-tratadas osmoticamente; aplicação do antioxidante e acidulante durante o pré-tratamento osmótico e posterior desidratação adiabática; desidratação adiabática com pré-tratamento osmótico com incorporação do antioxidante e acidulante; e a liofilização.

Figura 3- Fluxograma do processamento de minitomates Sweet Grape

4.2 Desidratação osmótica

Na desidratação osmótica foram estabelecidos cinco tratamentos com diferentes concentrações de sacarose, cloreto de sódio e açúcar invertido para a desidratação dos minitomates (Tabela 1), representadas por unidades experimentais codificadas, para facilitar a interpretação dos resultados apresentados.

Tabela 1- Pré-tratamento osmótico de minitomates *Sweet Grape* em diferentes concentrações

Amostras	Solutos Osmóticos		
	Sacarose	Cloreto de sódio	Açúcar invertido
	(%)	(%)	(°Brix)
DOT1	15	5	-
DOT2	-	5	60
DOT3	-	5	70
DOT4	15	5	60
DOT5	15	5	70

Nota: DOT1= Desidratação Osmótica Tratamento 1; DOT2= Desidratação Osmótica Tratamento 2; DOT3= Desidratação Osmótica Tratamento 3; DOT4= Desidratação Osmótica Tratamento 4; DOT5= Desidratação Osmótica Tratamento 5.

As soluções osmóticas constituídas de sacarose e cloreto de sódio foram estabelecidas por intermédios de pesquisas de outros autores (ALESSI, 2010; AZOUBEL, 1999; BARONI, 2004; ROMERO-PEÑA; KIECKBUSCH, 2002; SOUZA, 2004) com adaptações nas concentrações em função de pré testes realizados, bem como a utilização de xarope de açúcar invertido (BERNARDI et al., 2009; CAMARGO, 2005; DIONELLO et al., 2007). Foram estabilizadas as temperaturas das soluções a 25°C e 45°C, em banho-maria (Marconi TE- 550). A proporção de tomate e solução osmótica utilizada nos tratamentos foi de 1:4, respectivamente.

Aproximadamente treze unidades de minitomates, previamente selecionados e congelados, com peso médio de 8 g, totalizando aproximadamente 100 g por amostra, foram aprisionadas em envoltório flexível de grade plástica e imersas nas

soluções de tratamento osmótico, de modo que todas as unidades ficassem submersas na solução.

A cada período de amostragem os minitomates eram retirados da solução osmótica, enxaguados rapidamente com água destilada, para retirar o excesso de solução, e enxugados imediatamente em papel toalha para posterior pesagem em balança digital semi-analítica (Micronal B3600) com precisão de 0,01 g. Este processo foi realizado de 15 em 15 min, até um tempo pré-determinado de 120 min, o que possibilitou o fornecimento de dados para as análises e escolha do melhor processo de desidratação osmótica.

4.2.1 Preparo das soluções osmóticas

As soluções osmóticas foram preparadas com açúcar cristal da marca comercial Colombo, em embalagem de 5 kg e sal refinado da marca comercial Cisne, em embalagem de 1 kg, adquiridos no comércio de Piracicaba; xarope de açúcar invertido, acondicionado em tambores de 30 kg, fornecido pela Indústria e Comércio de Produtos Alimentícios, Cristallina Ltda., da cidade de Rafard, Estado de São Paulo, apresentando teor de sólidos solúveis de 78°Brix, pH 5,3 e grau de inversão 70%, expresso em certificado de análise.

No preparo da solução osmótica, foi necessário fazer a diluição do xarope de açúcar invertido, com água potável, em volume calculado por balanço de massa. A diluição ocorreu à temperatura ambiente, sob agitação, até a concentração de sólidos solúveis desejada, que foi conferida utilizando-se refratômetro digital Kruss Optronic, modelo DR 201-95.

A quantidade de cloreto de sódio e sacarose a serem utilizados foi calculada em relação ao peso do tomate congelado e incorporado à solução osmótica já diluída. No tratamento que não apresentou solução (DOT1), os solutos, após pesados, foram homogeneizados e adicionados sobre os minitomates, de forma a dispersar e promover a impregnação dos mesmos em toda a sua superfície.

4.2.2 Determinação de perda de massa e incorporação de sólidos

O cálculo da perda de massa do produto após desidratação foi baseado na massa inicial antes da desidratação osmótica em função da massa do material desidratado, através do balanço analítico, conforme a eq. (1) (CAMARGO, 2005).

$$PM(\%) = \left(1 - \frac{mf}{mi}\right) \times 100 \quad (1)$$

onde,

PM = Perda de Massa (%p/p);

mi = Peso dos minitomates no tempo inicial (g);

mf = Peso dos minitomates após o tratamento osmótico (g).

O teor de sólidos totais incorporados pelos minitomates durante a desidratação osmótica foi quantificado conforme a eq. (2) (CAMARGO, 2005).

$$IS(\%) = \left[\left(\frac{(STf \times mf) - (STi \times mi)}{mi} \right) \right] \times 100 \quad (2)$$

onde,

IS = Incorporação de Sólidos (%p/p);

STi = Teor de sólidos solúveis no tempo inicial (°Brix);

STf = Teor de sólidos solúveis após o tratamento osmótico (°Brix);

mi = Massa dos minitomates no tempo inicial (g);

mf = Massa dos minitomates após o tratamento osmótico (g).

4.2.3 Análises dos minitomates processados por desidratação osmótica

O efeito do deslocamento de massa e a redução da atividade de água dos minitomates, em diferentes combinações de soluto e temperaturas, durante a desidratação osmótica, foi verificado pela perda de massa em função do tempo, através da determinação mássica a cada intervalo de tempo (0, 15, 30, 45, 60, 75, 90 e 120 min). Neste experimento também foram realizadas as análises de teor de umidade, sólidos solúveis, atividade de água e sólidos totais nos produtos após desidratação osmótica.

Foi utilizado delineamento experimental em esquema fatorial duplo 5x2 (5 concentrações osmóticas e 2 temperaturas), com 3 repetições para cada tratamento. Nesta etapa do experimento constituiu-se de 30 amostras, de 100 g, totalizando 3 kg de minitomates.

As análises dos minitomates congelados e após a desidratação osmótica foram realizadas em três repetições de amostras e duplicata para cada amostra.

4.3 Desidratação adiabática

Previamente à desidratação adiabática foi realizado o pré-tratamento osmótico, em solução composta por açúcar invertido (60° Brix), sacarose (15%) e cloreto de sódio (5%), à temperatura de 25°C por 50 min. A concentração e temperatura da solução foram estabelecidas a partir dos melhores resultados do experimento anterior; as etapas da desidratação osmótica foram realizadas conforme descrito no item 4.2.

Após a drenagem por 10 min, os minitomates foram dispostos em bandejas do secador tipo cabine (MARCONI - MA 035/3BXI/TOM), dimensão 920x720x1140 cm, câmara interna dupla em inox AISI 304, circulação de ar, velocidade de 1 m s⁻¹, sistema de termoequilização eletrônica, variação $\pm 1^\circ\text{C}$, capacidade 216 L, contendo 10 bandejas perfuradas em inox AISI 304.

4.3.1 Condições do processo de desidratação adiabática

Na desidratação adiabática dos minitomates *Sweet Grape* foi utilizada a metodologia em duplo estágio, que consistiu em maior temperatura no primeiro estágio seguido de redução no segundo estágio (CAMARGO, 2005; CHANG et al., 2006; IGARASHI, 1999; ROMERO-PEÑA, 1999). Foram estabelecidas as seguintes condições operacionais: 80°C/2 h, que possibilitaria a retirada da água periférica de forma intensa, preservando as características do produto; após esse intervalo foi ajustada a temperatura, conforme proposta do experimento (Tabela 2).

Tabela 2- Minitomates *Sweet Grape* submetidos à desidratação adiabática, em diferentes temperaturas (°C)

Amostras	Temperaturas (°C)	
	1º Estágio	2º Estágio
DA50	80	50
DA60	80	60
DA70	80	70
DA80	80	80

Nota: DA50= Desidratação adiabática 80°C/50°C; DA60= Desidratação adiabática 80°C/60°C; DA70= Desidratação adiabática 80°C/70°C; DA80= Desidratação adiabática 80°C/80°C.

O secador foi ligado previamente e ajustado à temperatura de trabalho, depois de estabilizada a temperatura, os minitomates foram dispostos em bandejas perfuradas e inseridos no secador.

Foram identificadas três bandejas para o monitoramento da perda de massa durante o processo, sendo a primeira na parte superior, a segunda na parte inferior e a terceira na parte central do secador. A cada intervalo de tempo (1 hora), foram realizadas as pesagens das bandejas em balança digital semi-analítica (Micronal B3600) precisão de 0,01 g. Nesse mesmo intervalo de amostragem foi realizada a rotação da posição das bandejas no secador, na tentativa de garantir a homogeneidade do produto. A quantidade mássica final do produto desidratado foi determinada em função da massa inicial menos a relação dos parâmetros, umidade inicial do produto e umidade final desejada (30% em base úmida), com resultados expressos em g, conforme eq. (3).

$$M_f \equiv M_i - \left(\frac{100 - U_i}{100 - U_f} \right) \quad (3)$$

Onde,

M_f = Massa final do produto seco (g);

M_i = Massa inicial;

U_i = Umidade inicial do produto (% b.u.);

U_f = Umidade final do produto (30% b.u.).

Após o término do período de desidratação foi desligada a fonte de calor do equipamento e mantida apenas a circulação de ar, que promoveu o resfriamento do produto. Em seguida, os tomates desidratados de cada tratamento foram acondicionados em embalagem laminada composta de poliéster metalizado, adesivo e polietileno (90x60 cm e 100 µm de espessura) selados e mantidos a 5°C±1, por 24 h, em refrigerador industrial da marca Gelopar de 6 portas, medindo (1,82x0,62x1,88 m), volume 1.200 L, para promover a uniformização e o equilíbrio da umidade do produto.

O acondicionamento final foi realizado após 24 h, quando os minitomates foram subdivididos em amostras de 100 g cada, embaladas em embalagens laminadas, constituídas de poliéster metalizado, adesivo e polietileno (16x22 cm), espessura de 100 µm e lacradas (Seladora TEC-MAQ AP-450). As embalagens com os produtos foram armazenadas à temperatura refrigerada de 5°C±1 e submetidas às análises experimentais.

4.3.2 Análises do processamento de desidratação adiabática

O efeito da temperatura na desidratação adiabática de minitomates *Sweet Grape*, com relação à perda de massa, foi realizado através do monitoramento durante a desidratação nos períodos: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 h. As concentrações de sólidos solúveis, redução da atividade de água, alterações da firmeza, cor e nos teores de ácido ascórbico e licopeno, foram realizadas nas amostras após a desidratação.

Para cada unidade experimental foram utilizados 6 kg de minitomates congelados, totalizando 24 kg no experimento.

As análises físico-químicas desta fase do experimento foram realizadas em 3 repetições de amostras e duplicata para cada amostra. Exceto para as análises de firmeza e cor, que foram feitas 10 vezes, no intuito de amenizar os possíveis efeitos de variabilidade nos resultados obtidos.

4.4 Aplicações de antioxidante e acidulante

Depois de estabelecida a temperatura da desidratação adiabática que apresentou melhor desempenho na fase 2, em relação à perda de massa, redução da atividade de água, concentração de sólidos solúveis, preservação dos aspectos e características do produto desidratado, os minitomates previamente congelados foram submetidos à desidratação osmótica em solução composta por açúcar invertido (60°*Brix*), sacarose (15%) e cloreto de sódio (5%), e variações nas proporções de ácido ascórbico, metabissulfito de sódio e ácido cítrico (Tabela 3).

A aplicação de antioxidantes (ácido ascórbico e metabissulfito de sódio) para amenizar as alterações das características físicas estruturais e de cor; também do acidulante ácido cítrico, para o controle microbiano no produto desidratado; foram estudadas com diferentes combinações e concentrações de ingredientes (CAMARGO, 2005; CAMARGO; MORETTI; LICCIARDO, 2002; LATAPI; BARRET, 2006; MURATORE et al., 2008; SANTOS-SÁNCHEZ, 2012; SRA; SANDHU; AHLUWALIA, 2011).

Tabela 3- Ácido ascórbico, metabissulfito de sódio e ácido cítrico incorporados na solução osmótica

Tratamentos	Ácido Ascórbico (mg L ⁻¹)	Metabissulfito de sódio (mg L ⁻¹)	Ácido cítrico (g L ⁻¹)
TAA1	0	0	0
TAA2	1500	100	6
TAA3	750	50	3
TAA4	1000	50	3

Nota: TAA1=Tratamento 1, amostra controle; TAA2=Tratamento 2 com adição de antioxidante e acidulante; TAA3=Tratamento 3 com adição de antioxidante e acidulante; TAA4=Tratamento 4 com adição de antioxidante e acidulante.

4.4.1 Condições do processo de aplicação de antioxidante e acidulante

Nesta etapa do experimento, o antioxidante e acidulante foram dissolvidos na solução aquosa, durante a preparação da solução osmótica. Em seguida, os minitomates congelados foram submetidos à desidratação osmótica, conforme metodologia descrita no item 4.2 e à desidratação adiabática à temperatura de 80°C/2 h e 70°C/11 h, de acordo com a metodologia descrita no item 4.3.

4.4.2 Análise dos minitomates desidratados após aplicação de antioxidante e acidulante

Para verificar o efeito da adição de antioxidante e acidulante durante a desidratação osmótica dos minitomates, foram realizadas as análises de atividade de água, sólidos solúveis, cor, firmeza, sulfito, e ácido ascórbico.

Nessa fase do experimento foram realizados 4 tratamentos, sendo utilizados 4 kg de minitomates congelados, para cada unidade experimental, totalizando 16 kg.

Cada tratamento foi analisado em 3 repetições de amostras e duplicata para cada amostra. Exceto para as análises de firmeza e cor, que foram repetidas 10

vezes, no intuito de amenizar os possíveis efeitos de variabilidade nos resultados obtidos.

4.5 Desidratação adiabática e liofilização - Comparação dos produtos desidratado e liofilizado

Na desidratação adiabática minitomates foram submetidos ao pré-tratamento osmótico em solução de açúcar invertido (60° Brix), sacarose (15%) e cloreto de sódio (5%), e adição dos antioxidantes, ácido ascórbico (750 mg L⁻¹), metabissulfito de sódio (50 mg L⁻¹) e acidulante ácido cítrico (3 g L⁻¹), em função dos resultados obtidos nas etapas anteriores. O procedimento foi conduzido conforme metodologia descrita no item 4.2. Em seguida foram submetidos à desidratação adiabática em duplo estágio, 80°C/2 h e 70°C/11 h seguindo a mesma metodologia do item 4.3. Foi estabelecido o tratamento controle em que os minitomates após o descongelamento sob refrigeração foram desidratados sem o prévio tratamento osmótico, utilizando as mesmas atividades operacionais.

No processo de liofilização, os minitomates tiveram os mesmos pré-tratamentos adotados na desidratação adiabática, com o diferencial de que, depois de drenados em peneiras (10 min), foram submetidos ao congelamento a -35°C (ultracongelador Klimaquip - UK 20). Em seguida os produtos foram acondicionados em embalagens flexíveis de polietileno de baixa densidade, espessura de 50 µm e tamanho 35x45 cm, contendo aproximadamente 1,5 kg de minitomates em cada unidade de embalagem. As embalagens foram vedadas em seladora elétrica (Tec-Maq, modelo AP 450), e dispostas em caixas de poliestireno expandido. Os produtos foram mantidos congelados a -20°C e transportados para a indústria Liotécnica, localizada em Embu das Artes, Estado de São Paulo, a 136 km de Piracicaba. Na indústria as amostras foram submetidas a -35°C e liofilizadas por 18 h. Na liofilização também foi obtido o controle, a partir de minitomates sem o pré-tratamento osmótico.

Os produtos obtidos, tanto após a desidratação adiabática quanto a liofilização, foram acondicionados em embalagem laminada constituída de poliéster metalizado, adesivo e polietileno (90x60 cm; e espessura 100 µm) e mantidos sob refrigeração à temperatura de 5°C±1 por 24 h; em seguida, foram embalados em laminados de

poliéster metalizado, adesivo e polietileno (16x22 cm, espessura de 50 µm). As amostras foram mantidas sob refrigeração 5°C±1 e submetidas às análises experimentais, conforme planejamento.

4.5.1 Análise dos produtos desidratados em secador adiabático e liofilizador

Na desidratação adiabática foram realizados dois tratamentos, e cada unidade experimental foi composta por 25 kg de minitomates congelados, totalizando 50 kg, enquanto na liofilização foram aplicados dois tratamentos de 42 kg de minitomates congelados em cada unidade experimental, totalizando 84 kg. Nestes experimentos, foi aplicado delineamento fatorial duplo (4x5), composto por 4 tratamentos de desidratação, 5 períodos de análises (1, 30, 60, 90 e 120 dias).

As análises foram realizadas em três repetições de amostras e duplicata para cada amostra, quanto aos parâmetros de umidade, atividade de água, sólidos solúveis, acidez titulável total, *ratio*, sólidos totais, concentrações de ácido ascórbico e licopeno. Com exceção de cor, firmeza que foram realizadas 10 medições.

Primeiramente as amostras desidratadas e liofilizadas foram submetidas às análises microbiológicas. Após resultados favoráveis é que foram avaliados sensorialmente por 100 provadores não treinados, pelos testes de aceitação e intenção de compra.

4.6 Análises físico-químicas

4.6.1 Umidade

A determinação da umidade (%) das amostras foi realizada pelo método gravimétrico, secagem em estufa a 105°C até peso constante, pela quantificação da perda de massa, de acordo com metodologia 950.46 AOAC (2005).

4.6.2 Teor de sólidos solúveis

O teor de sólidos solúveis expresso em °Brix foi quantificado em refratômetro digital portátil Kruss Optical - DR 201 - 95 (Alemanha), método 932.12 AOAC (2005). As amostras foram trituradas com auxílio de *mixer* Black & Decker, SB-06, sendo necessário realizar diluições com água destilada, nas amostras desidratadas (1:3) e nas amostras liofilizadas (1:20); as amostras *in natura* e congeladas não foram diluídas.

4.6.3 Sólidos totais

A determinação de sólidos totais foi realizada em estufa a 105°C até peso constante e os resultados expressos em (%) conforme metodologia de Lara et al (1976).

4.6.4 Atividade de água

A determinação da atividade de água (A_w) das amostras foi realizada com as amostras esmagadas sem diluição, através de leitura direta no equipamento digital AQUALAB - Decagon CX-2 (EUA), temperatura de 28°C±2.

4.6.5 Ácido ascórbico

O ácido ascórbico foi determinado por titulometria com o indicador DCFI (2,6-dicloroindofenol-sódio) de acordo com metodologia 967.21 AOAC (2005). Os resultados foram expressos em g de ácido ascórbico 100 g⁻¹ de produto. Foi necessário realizar a diluição do produto em água destilada, seguida de trituração e homogeneização em *mixer* Black & Decker (SB-06).

4.6.6 Licopeno

A determinação do teor de licopeno das amostras foi realizada em espectrofotômetro UV-Vis - FEMTO modelo 800 XI, de acordo com a metodologia analítica de separação e extração dos compostos, com solventes orgânicos (RODRIGUEZ-AMAYA, 2001; RODRIGUEZ-AMAYA; KIMURA, 2004).

Os teores de licopeno também foram determinadas por HPLC no Centro de Ciência e Qualidade de Alimentos (CCQA) do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), Campinas, Estado de São Paulo, segundo a metodologia proposta por Carvalho, Collins e Rodriguez-Amaya (1992).

4.6.7 Cor

A cor foi realizada por checagem direta no produto na região equatorial, utilizando-se o colorímetro Color Meter CR 400B da marca Konica Minolta Sensing, com fonte iluminante D65, submetido a calibração em padrão branco de porcelana $y = 93,7$; $x = 0,3157$ e $y = 0,3322$ (BIBLE e SINGHA, 1993). Foram registradas as mudanças na coloração, brilho e saturação das cores através do valor L (Luminosidade), do valor a^* (vermelho ao verde), e do valor b^* (amarelo ao azul) (Minolta, 1998). A partir desses dados foram calculados os valores de Croma, e do ângulo de cor *Hue* conforme McGuire (1992).

4.6.8 Firmeza

A firmeza foi analisada utilizando o penetrômetro Fruit Hardness Tester - PTR 300, com ponteira de 3 mm, e leitura direta da compressão, expressa em Newton (N), sendo realizada na região equatorial de cada amostra (COELHO, 1994).

4.6.9 Teor de cloreto de sódio

O teor de cloreto de sódio foi quantificado pela metodologia titulométrica, com solução de nitrato de prata e indicador de cromato de potássio (5%), de acordo com o método de Mohr modificado (RANGANNA, 1977) e o resultado foi expresso em % NaCl.

4.6.10 Sulfito

Sulfitos foram determinados através da análise de cromatografia iônica, utilizando o equipamento da marca METROHM com detector eletroquímico, que consistiu na separação e quantificação dos ânions em coluna de troca iônica (ANDERSON et al., 1986).

4.6.11 pH

O pH foi determinado em potenciômetro marca TECNAL - TEC 3 - MP, a partir do produto diluído em água destilada (1:3), triturado e homogeneizado em *mixer* Black & Decker, SB-06, utilizando a metodologia 981.12 da AOAC (2005).

4.6.12 Acidez titulável total

A acidez titulável total foi quantificada pelo método titulométrico, com titulante NaOH ($0,1 \text{ mol.L}^{-1}$) até estabilização do pH a 8,1 (ponto de viragem da fenolftaleína, correspondente ao ponto que todo ácido cítrico foi consumido), pelo método 942.15 AOAC (2005).

4.6.13 Ratio

O *ratio* foi determinado pela relação entre os teores de sólidos solúveis e de acidez titulável. O *ratio* corresponde ao balanço entre o doce e o ácido da amostra (MAEDA; ANDRADE, 2003).

4.7 Análises microbiológicas

A fim de verificar as condições higiênico-sanitárias dos processos experimentais, bem como, a segurança do produto, foram realizadas análises microbiológicas, para cada período e antes da realização das análises sensoriais, sendo avaliados os parâmetros microbiológicos para coliformes a 45°C/g, *Salmonella* spp/25 g e estafilococos coagulase positiva/g para produtos desidratados e liofilizados à base de frutas e hortaliças (RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001 - ANVISA Agência Nacional de Vigilância Sanitária) (BRASIL, 2001). Também foram realizadas as análises de psicrótrófos e contagem de bolores e leveduras (DOWNES; ITO, 2001).

4.8 Análise sensorial

Para realização da análise sensorial o projeto foi avaliado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da ESALQ/USP em 20 de março de 2013 (Processo nº 115), por estar de acordo com a Resolução CSN 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, (Anexo-A).

Após os resultados favoráveis nas análises microbiológicas e aprovação do projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa é que foram aplicados os testes sensoriais no laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição (ESALQ/USP). A equipe foi composta por 100 provadores não treinados incluindo homens e mulheres na faixa etária entre 18 e 55 anos, consumidores de tomate desidratado, e com disponibilidade e interesse em

participar dos testes, cientes do experimento conduzido, pela concordância com o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Para análise sensorial de aceitação foi utilizada a escala hedônica estruturada mista de 9 pontos, em que os extremos são correspondentes a 0=desgostei extremamente e 9=gostei extremamente. Foram analisados os atributos de aparência, cor, aroma, sabor, textura e impressão global, para cada amostra (FERREIRA et al., 2000; MEILGAARD; CIVILLE; CARR, 2006).

Para a intenção de compra, utilizou-se a escala de 5 pontos, variando desde 1=certamente não compraria e 5=certamente compraria (BEHRENS; SILVA; WAKELING, 1999).

Os resultados os teste foram classificados em 3 níveis de atitude do consumidor: atitude favorável, representada pelos provadores que expressaram as afirmações "certamente compraria" e "provavelmente compraria"; em atitude indiferente, que contemplaram as afirmações "talvez compraria/talvez não compraria" e atitude desfavorável, para as afirmações "provavelmente não compraria" e "certamente não compraria".

As amostras foram preparadas de acordo com os critérios estabelecidos nos procedimentos de Boas Práticas (GERMANO, 2003), para garantir as condições higiênico-sanitárias e segurança do produto. As amostras foram servidas em copos descartáveis de 50 mL, codificados com números aleatórios de 3 dígitos, servidas de forma monádica, juntamente com utensílio garfo descartável.

Os provadores avaliaram as amostras em cabines individuais, utilizando luz branca, foram disponibilizados copo de água e torrada tradicional para neutralizar o palato entre uma amostra e outra. Os provadores foram orientados a provar cada amostra e registrar suas impressões, na ficha de avaliação (Figura 4).

Análise sensorial de Tomate *Sweet Grape* desidratado

Nome: _____ Data: _____

Teste de Aceitação

Avalie CADA AMOSTRA codificada e use a escala abaixo para indicar o quanto você gostou ou desgostou.

- 9- Gostei muitíssimo
- 8- Gostei muito
- 7- Gostei moderadamente
- 6- Gostei ligeiramente
- 5- Nem gostei/nem desgostei
- 4- Desgostei ligeiramente
- 3- Desgostei moderadamente
- 2- Desgostei muito
- 1- Desgostei muitíssimo

amostra	aparência	cor	aroma	textura	sabor	impressão global

Teste de Intenção de Compra

Avalie CADA AMOSTRA codificada e use a escala para indicar a sua intenção de compra.

- 5- Certamente compraria
- 4- Provavelmente compraria
- 3- Talvez compraria/ Talvez não compraria
- 2- Provavelmente não compraria
- 1- Certamente não compraria

amostra	Intenção de compra

Figura 4- Modelo de ficha para os testes de Aceitação e Intenção de Compra

4.9 Análise estatística

Os resultados das análises físico-químicas e sensoriais foram avaliados estatisticamente pelo programa Statistical Analysis System modelo 9.2 (SAS, 2005) e submetidos à análise da variância (ANOVA) para o teste F. As médias foram comparadas pelo teste de comparação múltipla de Tukey, ao nível de significância de 5%. Para análise de perda de massa foi realizado o ajustamento do modelo de regressão, com os respectivos coeficientes de determinação (R^2).

4.10 Disposição dos resíduos de análises

O projeto de pesquisa foi enviado e aprovado pelo comitê de Ética Ambiental na Pesquisa da ESALQ-USP (Anexo-B).

Os resíduos químicos gerados das análises foram armazenados no entreposto do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição e destinados a tratamentos específicos no Laboratório de Gerenciamento de Resíduos Químicos da ESALQ-USP.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Desidratação Osmótica

5.1.1 Caracterização do produto da desidratação osmótica

Na desidratação osmótica de minitomates *Sweet Grape* inteiros a 25°C apresentaram características visuais do fruto de forma íntegras e mantiveram preservadas suas estruturas físicas durante todo o processo. Com o aumento da temperatura da solução para 45°C, o processo se tornou operacionalmente inviável, uma vez que promoveu o amolecimento excessivo dos frutos, que foram verificados visualmente, dificultando o manuseio e a manutenção da integridade das amostras, o que pode estar relacionado ao fato das amostras terem sido previamente congeladas (Figura 5).

Figura 5- Minitomates *Sweet Grape* congelados e após desidratação osmótica
A=minitomates congelados; B=minitomates após desidratação osmótica (25°C);
C=minitomates após desidratação osmótica (45°C)

Durante o congelamento dos minitomates *Sweet Grape* inteiros, foram observadas fissuras na película da superfície, as quais facilitaram a exsudação do material interno, conforme relatado por Alessi et al. (2013). Não houve necessidade de realizar cortes, perfurações, ou retirada da pele dos minitomates para promover a transferência do fluxo osmótico, conforme verificado em outros trabalhos (ARIAS et al., 2000; CAMARGO, 2005; HEREDIA et al., 2010; ROMERO-PEÑA; KIECKBUSCH, 2002). As características físico-químicas, tanto para minitomates *in natura* como também para minitomates após o congelamento estão apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4- Análises físico-químicas dos minitomates *in natura* e congelados (-22°C)

Amostras	Umidade (%)	Sólidos solúveis (°Brix)	Aw	Sólidos Totais (%)
MTIN	94,40 ±0,34	6,92 ±0,19	0,988 ±0,03	5,59 ±0,34
MTC	90,45 ±0,60	8,60 ±0,21	0,984 ±0,05	9,55 ±0,60

Nota: Valores médios; Desvio padrão; MTIN= Minitomates *in natura*; MTC= Minitomates congelados (-22°C); Aw= Atividade de água.

De acordo com os valores obtidos verificou-se que houve um aumento de 24% na concentração de sólidos solúveis nos minitomates congelados; já com relação aos sólidos totais houve um incremento, passando de 5,5% para 9,55%, em decorrência da redução do teor de umidade no produto, em torno de 4,2%, promovido pelo processo de congelamento (-22°C).

5.1.2 Comportamento da umidade

Os valores médios de umidade do produto foram mais expressivos em termos de redução para os tratamentos cuja solução osmótica foi composta pelos três ingredientes – sacarose, cloreto de sódio e açúcar invertido (DOT4-25 e DOT5-25) – os quais não diferiram significativamente entre si ao nível de 5% de significância. Entretanto, quando comparados aos outros tratamentos com apenas dois

ingredientes – açúcar invertido e cloreto de sódio (DOT2-25 e DOT3-25) e sacarose e cloreto de sódio DOT1-25 – na mesma temperatura, foram verificadas diferenças expressivas (Tabela 5).

Tabela 5- Umidade (%) dos minitomates desidratados por imersão em diferentes soluções osmóticas por 120 min

Tratamentos	25°C	45°C
DOT1	85,49 ±0,76 Ba	89,72 ±1,38 Aa
DOT2	77,39 ±0,40 Bb	87,48 ±1,09 Ab
DOT3	78,03 ±0,67 Bb	86,11 ±1,12 Ac
DOT4	71,62 ±0,35 Bc	85,29 ±1,10 Ac
DOT5	71,34 ±0,71 Bc	85,49 ±1,28 Ac

Nota: Valores médios; Desvio padrão. DOT1= Desidratação com solução osmótica de sacarose (15%) e cloreto de sódio (5%); DOT2= Desidratação com solução osmótica de açúcar invertido (60° Brix) e cloreto de sódio (5%); DOT3= Desidratação com solução osmótica de açúcar invertido (70° Brix) e cloreto de sódio (5%); DOT4= Desidratação com solução osmótica de açúcar invertido (60° Brix), sacarose (15%) e cloreto de sódio (5%); DOT5= Desidratação com solução osmótica de açúcar invertido (70° Brix), sacarose (15%) e cloreto de sódio (5%). Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Os tratamentos realizados a 25°C apresentaram redução de umidade significativa ($p < 0,05$), e demonstraram maior efeito quando comparados com os mesmos tratamentos a 45°C, em função do material ter apresentado características de maior sensibilidade à degradação com o aumento da temperatura. Foi possível observar que as amostras a 45°C tenderam a se desintegrar, fato que dificultou o deslocamento da água do interior dos tecidos.

A redução da umidade é um dos fatores que deve ser levado em consideração no momento da escolha do tratamento osmótico, pois está diretamente relacionado com a perda de água do produto, promovido pelo gradiente osmótico. Outros trabalhos têm demonstrado esta relevância (AZOUBEL, 1999; IGARASHI, 1999; KOWALSKA; LENART, 2001; TONON, 2005) a partir de diferentes soluções osmóticas e variadas formas de apresentação do produto.

Corroborando com os resultados encontrados, Camargo (2005) em estudo com desidratação osmótica de tomates italiano, cortados ao meio, demonstrou maior

perda de água em tratamento osmótica constituído de açúcar invertido (65°Brix), sacarose (25%) e cloreto de sódio (6,5%).

Berthier e Queiroz (1999), ao estudarem a desidratação osmótica em manga, com solução de sacarose, nas concentrações de 40, 55 e 70°Brix; os autores observaram redução significativa ($p < 0,05$), em relação aos teores de umidade e concluíram que o processo mais adequado foi o que utilizou solução a 55°Brix, pois a 70°Brix, a solução mostrou-se instável, de difícil solubilização e promoveu a formação de depósitos de cristais de sacarose.

5.1.3 Teores de sólidos solúveis e sólidos totais

Analisando os teores de sólidos solúveis, das amostras osmodesidratadas, constatou-se um aumento proporcional à medida que as concentrações dos solutos foram aumentadas, conforme Tabela 6.

Tabela 6- Sólidos solúveis (°Brix) e sólidos totais (%) dos minitomates desidratados em diferentes soluções osmóticas por 120 min em diferentes temperaturas

Tratamentos	25°C	45°C
Sólidos solúveis (° Brix)		
DOT1	10,70 ±0,20 Be	11,40 ±1,02 Ae
DOT2	14,52 ±0,17 Ad	13,02 ±1,21 Bd
DOT3	16,68 ±0,07 Ac	15,18 ±1,02 Bc
DOT4	17,77 ±0,15 Ab	17,23 ±0,98 Bb
DOT5	19,56 ±0,28 Aa	18,06 ±1,12 Ba
Sólidos totais (%)		
Tratamentos	25°C	45°C
DOT1	14,51 ±0,76 Ac	10,27 ±1,38 Bc
DOT2	22,84 ±0,40 Ab	12,52 ±1,09 Bb
DOT3	21,87 ±0,76 Ab	13,89 ±1,24 Bab
DOT4	28,38 ±0,36 Aa	14,71 ±1,10 Ba
DOT5	28,66 ±0,71 Aa	14,50 ±1,28 Ba

Nota: Valores médios; Desvio padrão. DOT1= Desidratação com solução osmótica de sacarose (15%) e cloreto de sódio (5%); DOT2= Desidratação com solução osmótica de açúcar invertido (60° Brix) e cloreto de sódio (5%); DOT3= Desidratação com solução osmótica de açúcar invertido (70° Brix) e cloreto de sódio (5%); DOT4= Desidratação com solução osmótica de açúcar invertido (60° Brix), sacarose (15%) e cloreto de sódio (5%); DOT5= Desidratação com solução osmótica de açúcar invertido (70°Brix), sacarose (15%) e cloreto de sódio (5%). Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Comparando os tratamentos que apresentaram maiores teores de sólidos solúveis a 25°C (DOT5 e DOT4) pode-se perceber uma diferença significativa ($p < 0,05$) entre 19,56° Brix e 17,77°Brix, em decorrência das diferentes concentrações do açúcar invertido utilizado a 70°Brix e 60°Brix.

Conforme apresentado na Tabela 6, a redução do teor de sólidos solúveis para os demais tratamentos foi significativa ($p < 0,05$), de forma que as amostras do tratamento DOT1 a 25°C foram as que apresentaram os menores valores de sólidos

solúveis, em torno de 1,8 vezes menores que da amostra do tratamento DOT5 nas mesmas condições.

Quando se compara as diferentes temperaturas utilizadas nos procedimentos de desidratação osmótica, observa-se efeito significativo com relação aos teores de sólidos solúveis a 45°C e um comportamento análogo para os tratamentos a 25°C, que promoveram um aumento proporcional, à medida que as concentrações dos solutos foram aumentando, ainda que naquela temperatura o processo não tenha apresentado desempenho operacional satisfatório.

Diferentemente dos resultados obtidos neste experimento, Camargo, Moretti e Licciardo (2002) relataram que ao desidratar osmoticamente tomates fatiados e sem sementes observaram que os teores de sólidos solúveis das amostras aumentaram à medida que era promovido um aumento na temperatura da solução osmótica. O mesmo foi descrito em trabalho de Covre (2013) ao desidratar osmoticamente carambolas em diferentes temperaturas.

Por outro lado, Dionello et al. (2007), ao desidratar osmoticamente fatias de abacaxi em diferentes temperaturas de solução, verificaram que não houve efeito significativo em relação ao teor de sólidos solúveis nas amostras.

Com relação aos teores de sólidos totais, constatou-se que a 25°C os tratamentos DOT5 e DOT4 apresentaram maiores valores em relação aos demais tratamentos de forma significativa, no entanto esse efeito não foi mantido quando comparado entre eles.

Entretanto foi observada a redução dos sólidos totais nos tratamentos DOT2 e DOT3 de forma significativa ($p < 0,05$) em relação as diferentes temperaturas.

Verificando os teores de sólidos totais, quando comparadas às temperaturas das soluções osmóticas, foi observado um efeito significativo, através da redução nos valores à 45°C, em função da ineficiência do processo, nesta temperatura.

5.1.4 Comportamento da atividade de água no produto desidratado

O efeito da atividade de água no produto em relação aos diferentes tratamentos pode ser observado na Figura 6.

Figura 6- Atividade de água dos minitomates desidratados por 120 min em diferentes soluções osmóticas

DOT1= Desidratação com solução osmótica de sacarose (15%) e cloreto de sódio (5%); DOT2= Desidratação com solução osmótica de açúcar invertido (60° Brix) e cloreto de sódio (5%); DOT3= Desidratação com solução osmótica de açúcar invertido (70° Brix) e cloreto de sódio (5%); DOT4= Desidratação com solução osmótica de açúcar invertido (60° Brix), sacarose (15%) e cloreto de sódio (5%); DOT5= Desidratação com solução osmótica de açúcar invertido (70°Brix), sacarose (15%) e cloreto de sódio (5%). Barras verticais representam o erro padrão médio (n=6)

Ao analisar o efeito da atividade de água entre os tratamentos osmóticos, (Figura 6) verificou-se que o tratamento DOT4, foi o que apresentou menor redução, quando comparado aos demais tratamentos a mesma temperatura.

Ao comparar os valores de atividade de água do produto *in natura* com o tratamento DOT4 a 25°C, percebe-se redução de 4,2%. A utilização de açúcar invertido na solução osmótica contribuiu para a redução da atividade de água no produto, devido à elevada solubilidade da frutose e a difícil cristalização da glicose, que potencializou a capacidade em reduzir a atividade de água do alimento (HANSSON; ANDERSSON; LEUFVÉN, 2001), fato que promoveu a redução do tempo das etapas posteriores do processo.

Já com relação às temperaturas das soluções osmóticas, foi observado que, para todos os tratamentos, em temperaturas à 25°C, houve maior redução da atividade de água, promovido pela perda de massa e ganho de sólidos.

5.1.5 Efeito da perda de massa e incorporação de sólidos

A etapa do experimento, em que os minitomates previamente congelados foram submetidos aos tratamentos com variações nas concentrações osmóticas, após 120 min de imersão na solução, a 25 e 45°C, está representado na Figura 7.

Figura 7- Perda de massa total (%) dos minitomates desidratados em diferentes soluções osmóticas

DOT1= Desidratação com solução osmótica de sacarose (15%) e cloreto de sódio (5%); DOT2= Desidratação com solução osmótica de açúcar invertido (60° Brix) e cloreto de sódio (5%); DOT3= Desidratação com solução osmótica de açúcar invertido (70° Brix) e cloreto de sódio (5%); DOT4= Desidratação com solução osmótica de açúcar invertido (60° Brix), sacarose (15%) e cloreto de sódio (5%); DOT5= Desidratação com solução osmótica de açúcar invertido (70°Brix), sacarose (15%) e cloreto de sódio (5%). Barras verticais representam o erro padrão médio (n=6)

Observou-se que a maior perda de massa ocorreu no tratamento DOT4 (xarope de açúcar invertido (60° Brix), sacarose (15%) e cloreto de sódio (5%)), seguido do DOT5 (solução osmótica composta por xarope de açúcar invertido (70° Brix), sacarose (15%) e cloreto de sódio (5%)). O efeito desta solução osmótica em potencializar a perda de massa do produto remete ao conceito de que o açúcar invertido, por apresentar menor estrutura molecular, em comparação com a sacarose, possibilitou maior interação com a superfície do produto e promoveu

aumento no diferencial do potencial osmótico, favorecendo a eliminação da água da superfície (DIONELLO et al., 2007; HANSSON; ANDERSSON; LEUFVÉN, 2001; PODADERA, 2007).

Em experimentos relatados por Camargo (2000), ao desidratar osmoticamente fatias de tomate Andreia, foi constatado que em solução osmótica composta por xarope de açúcar invertido (60° Brix) e cloreto de sódio (6,5%), resultou em 26,18% de perda de massa no produto, valores relativamente próximos aos encontrados neste experimento, de 28,98% e 27,42% respectivamente, para os melhores resultados obtidos (DOT4 e DOT5).

Além da contribuição do açúcar invertido, em promover o efeito positivo na perda de massa total, a adição do cloreto de sódio e sacarose, contribuiu para potencializar esta perda, visto que as amostras dos tratamentos DOT2 e DOT3, que eram compostas somente com variações nas concentrações de açúcar invertido e cloreto de sódio, apresentaram redução dos valores de perda de massa. O efeito positivo da solução desidratante composta por sacarose e cloreto de sódio tem sido demonstrado em outros trabalhos (BARONI, 2004; ROMERO-PEÑA, 1999; SHI et al., 1997; TONON, 2005).

No entanto, em função da molécula de água apresentar menor peso molecular que a da sacarose, houve uma difusão favorecida, predominando a taxa de perda de água em relação ao ganho de sólidos durante o processo osmótico (SOUZA-NETO et al., 2004). Este mesmo princípio foi relatado por Silva et al. (2010) que ao desidratarem tomate Santa Cruz, utilizando pré-tratamento osmótico, constituído por solução de sacarose e cloreto de sódio, obtiveram maior efeito na desidratação em consequência da pressão osmótica mais acentuada, que estimulou a saída de água do produto, quando comparado com outro tratamento, no qual foi utilizado apenas o cloreto de sódio.

Verificou-se também que na desidratação osmótica de tomate cereja, utilizando soluções de cloreto de sódio (20%), sacarose (55°Brix) e solução ternária de 27,5% de sacarose e 10% de cloreto de sódio, Heredia et al. (2010) puderam confirmar, através de observações microscópicas do tecido celular do produto, a capacidade da sacarose em preservar a integridade estrutural celular.

No presente trabalho observou-se que o tratamento DOT1, que consistiu na aplicação direta de sacarose (15%) e cloreto de sódio (5%) sobre o produto, propiciou fração reduzida de perda de massa quando comparado com outros

tratamentos, em razão da dificuldade da transferência de massa para o meio osmótico, pela ausência da solução aquosa que auxiliou esse gradiente.

Nesta etapa do experimento foi possível observar que a temperatura da solução osmótica teve influência na eficiência do processo de perda de massa. A temperatura de 25°C apresentou melhores resultados para todos os tratamentos e com o aumento da temperatura para 45°C houve redução de 28 a 36% para os tratamentos com diferentes soluções osmóticas (DOT2, DOT3, DOT4, DOT5) e de 66% para o tratamento DOT1 (Figura 5). Um dos fatos observados, é que em função dos minitomates terem sido previamente congelados, o aumento da temperatura promoveu o amolecimento e a desestruturação física do produto e dificultou o fluxo de transferência de massa entre a solução e a superfície do produto. Este fato não foi observado para os tratamentos a 25°C.

Diferentemente do que foi constatado neste experimento, Camargo (2005) demonstrou que a desidratação osmótica de tomate em diferentes temperaturas da solução (45 e 60°C) não colaborou para a diferença na eficiência do processo, talvez pelo fato de se tratar de outra variedade e principalmente por se tratar de tomates *in natura*.

O comportamento da perda de massa durante a desidratação osmótica, em relação ao tempo (Figuras 8 e 9) apresentou um perfil similar para os tratamentos a 25° e 45°C. Verificou-se que no início do processo a taxa de perda foi mais acentuada, até um período de aproximadamente 50 min, em seguida ocorreu diminuição na perda de massa do produto, tendendo a uma variação mínima.

Este mesmo comportamento da curva foi observado por Azoubel e Murr (2004) em estudos com tomate cereja submetido à desidratação osmótica em sacarose (25%) e cloreto de sódio (10%) à temperatura de 25°C, que justificaram o ocorrido devido à diferença da força motriz entre a solução osmótica e a superfície do fruto.

Baroni (2004) demonstrou em seu experimento que a solução ternária constituída por sacarose (60°Brix) e NaCl (5%) na desidratação osmótica de tomates cortados ao meio, apresentaram o mesmo comportamento de perda de massa mais acentuada no início do processo.

Figura 8- Perda de massa dos minitomates a 25°C

DOT1= Desidratação com solução osmótica de sacarose (15%) e cloreto de sódio (5%); DOT2= Desidratação com solução osmótica de açúcar invertido (60° Brix) e cloreto de sódio (5%); DOT3= Desidratação com solução osmótica de açúcar invertido (70° Brix) e cloreto de sódio (5%); DOT4= Desidratação com solução osmótica de açúcar invertido (60° Brix), sacarose (15%) e cloreto de sódio (5%); DOT5= Desidratação com solução osmótica de açúcar invertido (70°Brix), sacarose (15%) e cloreto de sódio (5%). Barras verticais representam o erro padrão médio (n=3)

Heredia et al. (2010) observaram que o período de redução máxima da perda de massa está diretamente relacionado com as características e tipos do produto além das condições do tratamento osmótico.

Figura 9- Perda de massa dos minitomates a 45°C

DOT1= Desidratação com solução osmótica de sacarose (15%) e cloreto de sódio (5%); DOT2= Desidratação com solução osmótica de açúcar invertido (60° Brix) e cloreto de sódio (5%); DOT3= Desidratação com solução osmótica de açúcar invertido (70° Brix) e cloreto de sódio (5%); DOT4= Desidratação com solução osmótica de açúcar invertido (60° Brix), sacarose (15%) e cloreto de sódio (5%); DOT5= Desidratação com solução osmótica de açúcar invertido (70°Brix), sacarose (15%) e cloreto de sódio (5%). Barras verticais representam o erro padrão médio (n=3)

A Figura 9 nos permitiu observar que apesar do efeito da temperatura da solução osmótica (25°C e 45°C) ter sido significativo em relação à perda de massa, ambos apresentaram o mesmo comportamento, em que, no início do processo prevaleceu maior taxa de perda, e após 50 min, aproximadamente, observou-se tendência ao equilíbrio do sistema.

Verificou-se que o ganho de sólidos apresentou aumento significativo ($p < 0,05$) (Figura 10) para os tratamentos DOT5, DOT4 e DOT1 em função do aumento da temperatura, que promoveu o amaciamento dos tecidos vegetais, podendo ter levado ao rompimento das células o que facilitou a incorporação dos sólidos da solução osmótica, no fruto. O mesmo não ocorreu para os tratamentos DOT3 e DOT2, que apresentaram inexpressivas alterações.

Figura 10- Incorporação de sólidos na desidratação osmótica a 25°C e 45°C

DOT1= Desidratação com solução osmótica de sacarose (15%) e cloreto de sódio (5%); DOT2= Desidratação com solução osmótica de açúcar invertido (60° Brix) e cloreto de sódio (5%); DOT3= Desidratação com solução osmótica de açúcar invertido (70° Brix) e cloreto de sódio (5%); DOT4= Desidratação com solução osmótica de açúcar invertido (60° Brix), sacarose (15%) e cloreto de sódio (5%); DOT5= Desidratação com solução osmótica de açúcar invertido (70°Brix), sacarose (15%) e cloreto de sódio (5%). Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Ao comparar o ganho de sólidos entre os tratamentos que continham sacarose, cloreto de sódio e açúcar invertido, verificou-se redução significativa no tratamento DOT4 ($p < 0,05$) quando comparado com o tratamento DOT5, que continha maior concentração de xarope de açúcar invertido. O aumento na concentração da solução osmótica pode ter levado à saturação da solução e à extrapolação do limite de solubilidade dos agentes, dificultando a troca osmótica e promovendo a incorporação de sólidos (MAEDA; LORETO, 1998).

Estudos demonstraram que o processo de desidratação osmótica mais eficaz tende ao menor incorporação de sólidos para preservar as características originais do produto *in natura* e maior perda de massa, que resultará em menor atividade de água, reduzindo o tempo de processos complementares (LENART, 1996; MARTIM; WASZCZYNSKYJ; MASSON, 2007; TREGUNNO; GOFF, 1996).

Portanto nesta etapa do experimento, diante dos resultados apresentados definiu-se que a melhor condição de desidratação osmótica foi constituída de

solução composta por açúcar invertido (60° Brix), sacarose (15%) e cloreto de sódio (5%), à temperatura de 25°C/50 min.

5.2 Desidratação Adiabática

5.2.1 Perda de massa na desidratação adiabática

A perda de massa dos minitomates no processo de desidratação adiabática em função do tempo de permanência no secador está representada na Figura 11.

Figura 11- Perda de massa dos minitomates submetidos à desidratação adiabática

DA50= Desidratação adiabática 80°C/2 h em seguida 50°C/ 31 h; DA60= Desidratação adiabática 80°C/2 h em seguida 60°C/25 h; DA70= Desidratação adiabática 80°C/2 h em seguida 70°C/ 11 h; DA80= Desidratação adiabática 80°C/10 h. Barras verticais representam o erro padrão médio (n=3)

Foi possível verificar comportamento acelerado de perda de massa no início do processo em função da temperatura mais elevada (80°C) e pelo fato da amostra estar úmida, o que favoreceu a expulsão da água periférica. Esta taxa de perda acentuada permaneceu por mais tempo nos tratamentos em que a temperatura do segundo estágio foi mais elevada e, conforme foi reduzindo a temperatura do segundo estágio, percebeu-se a diminuição da massa de água evaporada, com o tempo de secagem. Por esta razão houve variação nos tempos de secagem e, para que os minitomates atingissem aproximadamente 30% de umidade final, foram necessárias 31 h no tratamento DA50, 25 h no DA60, 11h no DA70 e 8 h no DA80.

Este mesmo comportamento de redução do tempo com o aumento da temperatura foi relatado por Muratore et al. (2008) ao desidratarem tomates cereja em metades, à temperaturas de 40, 60 e 80°C, foram gastos 25, 10 e 5 h, respectivamente.

De acordo com Lewicki, Vu-Le e Pomaranska-Lazuka (2002) o tratamento osmótico também pode ter influenciado na redução do tempo de desidratação, em função das amostras terem apresentado menor quantidade de água no início da desidratação, que foram removidas durante o pré-tratamento osmótico.

Em estudos de desidratação de fatias de tomates a 45, 50 e 60°C, Santos-Sánchez et al. (2012) observaram que a redução nos tempos de desidratação, entre os tratamentos, foi de aproximadamente 1 h. Demiray, Tulek e Yilmaz (2013) também relataram comportamento similar ao desidratarem tomates cortados em quatro partes, demonstraram que, com o aumento da temperatura houve a redução no tempo de desidratação, sendo gastos 20 h a 60°C, 14 h a 70°C, 12 h a 80°C, 10 h a 90°C e 8 h a 100°C.

A desidratação em duplo estágio, que consistiu em maior temperatura no início do processo e redução subsequente, pode ter contribuído para a redução do tempo total de secagem, conforme foi observado por (CAMARGO, 2005; CHANG et al., 2006; RAUPP et al., 2007).

5.2.2 Caracterização do produto da desidratação adiabática

No processo de desidratação adiabática, a redução de umidade dos minitomates foram estabelecidas para proporcionar um produto com redução na

atividade de água, no intuito de garantir a estabilidade do produto; entretanto, teve-se a preocupação em considerar os aspectos de textura e cor, além da minimização das perdas dos compostos. Uma vez que as alterações mais ocorrentes neste processo de desidratação são, degradação de pigmentos; reações de escurecimento; condensação de hexoses e componentes aminoácidos; oxidação de ácido ascórbico; além das alterações de aparência e textura, promovidas pelas condições do processo e cultivar do produto (AL-SHAIBANI; GREIG, 1979; LICHTENTHALER, 1987; LOWER; THOMPSON, 1996).

O efeito da temperatura na desidratação adiabática de minitomates *Sweet Grape* está representado na Tabela 7, em que são apresentados os diferentes tratamentos.

A redução da umidade foi maior nos tratamentos DA80 e DA70, sendo que estes não apresentaram efeito significativo entre eles, mas diferiram dos demais tratamentos. A relação entre a perda de água e o aumento da temperatura foi relativamente proporcional, influenciado pelas características do produto e a maneira com que a água está distribuída na amostra, podendo interferir no gradiente durante a desidratação (AZOUBEL, 1999; CRUZ; BRAGA; GRANDI, 2012; SANTOS, 2008),

Tabela 7- Umidade, sólidos solúveis, A_w e sólidos totais dos minitomates após desidratação adiabática

Tratamentos	Umidade (%)		Sólidos solúveis (°Brix)		A_w		Sólidos totais (%)	
DA50	52,56	±0,84 a	27,80	±0,41 d	0,906	±0,04 a	47,43	±0,84 c
DA60	41,20	±0,22 b	30,97	±0,60 c	0,852	±0,04 a	58,79	±0,22 b
DA70	35,78	±0,74 c	41,10	±0,66 a	0,749	±0,04 b	64,21	±0,74 a
DA80	35,02	±0,22 c	38,12	±0,69 b	0,864	±0,04 a	64,97	±0,22 a

Nota: Valores médios; Desvio padrão. DA50= Desidratação adiabática 80°C/2 h em seguida 50°C/ 31 h; DA60= Desidratação adiabática 80°C/2 h em seguida 60°C/25 h; DA70= Desidratação adiabática 80°C/2 h em seguida 70°C/ 11 h; DA80= Desidratação adiabática 80°C/10 h. Médias seguidas da mesma letra em coluna não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

Ao observar o teor de sólidos solúveis entre os tratamentos, verificou-se que ocorreu um efeito significativo ($p < 0,05$), sendo que, temperaturas mais baixas no segundo estágio (50 e 60°C) apresentaram concentrações de sólidos solúveis menores, promovendo efeito significativo quando comparados aos demais tratamentos, em função das temperaturas mais baixas terem proporcionado menor perda de água do produto.

Mas a partir do momento que estas temperaturas foram aumentando percebeu-se aumento proporcional do teor de sólidos solúveis, exceto para a maior temperatura do tratamento (80°C) que houve redução na taxa de incorporação, quando comparado ao tratamento a 70°C.

A atividade de água no produto apresentou maior redução no tratamento DA70 e promoveu efeito significativo quando comparada aos demais tratamentos; apesar de apresentarem variações nas médias, os demais tratamentos não diferiram entre si em nível de 5% de significância. Observou-se que a redução da atividade de água está relacionada com a concentração dos sólidos solúveis, que por sua vez, pode ter influência na preservação e conservação do produto por mais tempo (DEMIRAY; TULEK; YILMAZ, 2013; IGARASHI, 1999; ROMERO-PENÃ; KIECKBUSCH, 2002).

Quanto ao teor de sólidos totais verificou-se que à medida que foi elevada a temperatura de desidratação; apesar de não apresentar diferença significativa ao nível de 5% de significância, quando comparados entre os tratamentos DAT80 e DAT70, resultaram em efeito significativo em relação aos demais tratamentos. Esta variação apresentada nos permitiu demonstrar que o teor de sólidos totais no produto desidratado está relacionado diretamente com a quantidade de água extraída durante a desidratação. Com a redução da temperatura houve diminuição proporcional dos sólidos totais de forma significativa.

Verificou-se que o efeito da temperatura de desidratação foi significativo ($p < 0,05$) para a degradação do ácido ascórbico, pois à medida que aumentou a temperatura do secador ocorreu um aumento na degradação do ácido ascórbico, (Tabela 8). De acordo com Araujo (2011) esta perda pode ser resultante da degradação dos ácidos orgânicos durante a desidratação, em função das moléculas dos componentes estarem muito próximas e favoreceram a interação entre elas, além da formação de microcapilares promovidos pela saída da água, o que facilitou

o acesso do oxigênio e a remoção da água de hidratação, protetora dos sítios reativos das moléculas.

Tabela 8- Ácido ascórbico, licopeno e firmeza dos minitomates após desidratação adiabática

Tratamentos	Ácido ascórbico (mg. 100 g ⁻¹)	Licopeno (mg. 100 g ⁻¹)	Firmeza (N)
DA50	18,55 ±0,84 a	12,02 ±1,06 a	7,18 ±0,99 c
DA60	15,14 ±0,48 b	11,79 ±0,24 a	10,01 ±1,04 b
DA70	14,94 ±0,43 b	11,83 ±0,41 a	11,02 ±1,04 b
DA80	12,12 ±0,18 c	11,52 ±0,16 a	17,76 ±1,35 a

Nota: Valores das médias; Desvio padrão. . DA50= Desidratação adiabática 80°C/2 h em seguida 50°C/ 31 h; DA60= Desidratação adiabática 80°C/2 h em seguida 60°C/25 h; DA70= Desidratação adiabática 80°C/2 h em seguida 70°C/ 11 h; DA80= Desidratação adiabática 80°C/10 h. Médias seguidas da mesma letra em coluna não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

De acordo com os valores obtidos neste experimento o teor de ácido ascórbico em minitomates *in natura* foi de 27,58 mg 100 g⁻¹ e, após o congelamento, foi constatada redução para 24,27 mg 100 g⁻¹, sendo que, após desidratação adiabática foi reduzido para 18,55 mg 100 g⁻¹ na menor temperatura DA50 e para 12,12 mg 100 g⁻¹ na maior temperatura DA80.

O efeito da temperatura na degradação do ácido ascórbico foi evidenciado em pesquisa realizada por Zanoni et al. (1999), que demonstraram a degradação de forma acentuada, em tomates cortados ao meio e submetidos à desidratação convectiva à temperatura de 110°C.

Chang et al. (2006) estudaram tomates da espécie *Lycopersicon esculentum* Mill, em cubos e sem sementes, submetidos à desidratação adiabática em duplo estágio a 80°C/2 h e 60°C/6 h. Os autores reportaram redução de 61% no conteúdo de ácido ascórbico.

Do mesmo modo, Camargo (2005) ao avaliar o efeito da degradação do ácido ascórbico, em tomates tipo italiano, cortados ao meio sem sementes, previamente submetidos à desidratação osmótica (solução de açúcar invertido e cloreto de sódio)

e posterior desidratação adiabática, em duplo estágio (80°C/2 h e 60°C/10 h), demonstraram uma redução de 62% do ácido ascórbico em relação ao produto *in natura*.

Ao comparar os tratamentos DA60 e DA70, constatou-se que, apesar da degradação do ácido ascórbico ter sido maior no segundo tratamento, este não apresentou efeito significativo quando comparado com o primeiro tratamento, podendo ser representado com uma redução média de 45% no teor de ácido ascórbico. Essa menor degradação pode ter ocorrido devido ao fato de que neste experimento os minitomates apresentavam-se inteiros e com pele, permitindo menor exposição dos compostos e, conseqüentemente, um retardamento na degradação do ácido ascórbico.

Este fato também foi evidenciado por Santos (2008) ao desidratar tomates da variedade Pera, submetidos à pré-tratamentos de retirada de pele, mantidos inteiros e cortado ao meio, concluiu que a quantidade de ácido ascórbico retida nos tomates mantidos inteiros foi maior, quando comparado aos demais tratamentos, pelo fato da pele ter promovido condição favorável de menor exposição do produto ao oxigênio e por sua vez, menor oxidação do ácido ascórbico.

Ao verificar o teor de licopeno dos produtos submetidos à desidratação adiabática em diferentes temperaturas, conforme apresentado na Tabela 8, foi possível perceber que não houve efeito significativo entre os tratamentos ($p > 0,05$). Mas considerando que nas amostras de minitomates *Sweet Grape in natura* foram quantificados valores médios de licopeno de 8,65 mg 100 g⁻¹ e após a desidratação, observou-se um aumento de 39% para o tratamento DA50, que correspondeu à menor temperatura do processo e um aumento de 33% para o tratamento DA80, em que os produtos foram desidratados na maior temperatura do experimento (80°C). Os resultados permitiram inferir que, o efeito da temperatura no aumento das concentrações de licopeno, durante a desidratação adiabática, foi promovido pelas características de estabilidade do mesmo, quando submetidos a processos térmicos conforme relatado por Zanoni et al. (1999). Como complementação, o licopeno provavelmente se encontra mais ligado à porção de fibras insolúveis e à pele do tomate, proporcionando maior liberação a partir da matriz celular em função do rompimento da parede celular, estimulado pelo aquecimento (TOOR; SAVAGE, 2006).

Corroborando com os dados experimentais, trabalhos têm relatado o aumento do teor de licopeno em tomates quando submetidos a diferentes processos térmicos (CRUZ; BRAGA; GRANDI, 2012; DEWANTO et al., 2002; HADLEY et al., 2002; HEREDIA; BARRERA; ANDRÉS, 2007; TONUCCI et al., 1995).

Com relação à variável firmeza, constatou-se efeito significativo da temperatura ($p < 0,05$) na desidratação adiabática. Na Tabela 8 é possível observar que com o aumento da temperatura de secagem houve um acréscimo na rigidez do produto, sendo representada pela evolução da tensão resultante no produto, estabelecendo maior firmeza nas amostras.

Ao comparar os valores de firmeza entre os tratamentos DA60 e DA70, verificou-se que não apresentaram diferença estatisticamente significativa entre si ao nível de 5% de significância, mas diferiram significativamente do tratamento DA50, representando uma redução média nos valores de firmeza de 31%, cuja temperatura foi a menor aplicada neste experimento. Por outro lado, quando comparado ao tratamento de maior temperatura DA80, foi possível observar aumento médio significativo de 69% para os valores de firmeza.

Em estudos apresentados por Heredia, Barrera e Andrés (2007), ao compararem a força máxima exercida sobre o produto desidratado em relação ao produto *in natura*, demonstraram que na desidratação de tomate cereja houve menor resistência à força de compressão na polpa, do que na pele do tomate, em função do efeito do tratamento osmótico, ter promovido maior maciez nos tecidos. De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), é possível correlacionar às medições de firmeza, que demonstram a resistência da força de compressão do equipamento exercida sobre o material, com a percepção humana de firmeza na mastigação.

A cor do produto é definida como um dos principais parâmetros de aceitabilidade para o consumidor, pois representa um dos elementos dentre os que compõem o impacto visual do produto. Na desidratação adiabática, a cor do produto representou uma das variáveis que sofreram alterações com a temperatura. Na Tabela 9 os valores de L^* presumiram a luminosidade da cor do produto, e revelaram o quanto a amostra ficou mais escura (valor 0) ou mais clara (valor 100) (MINOLTA, 1998).

Tabela 9- Parâmetros de cor dos minitomates após desidratação adiabática

Tratamentos	L		Croma		Hue	
NAT	35,05	±1,11 a	37,08	±0,89 a	38,31	±1,03 a
DA50	30,29	±1,14 b	35,91	±1,06 b	35,15	±0,86 c
DA60	28,43	±0,84 c	37,33	±0,55 a	36,54	±1,12 b
DA70	28,35	±0,74 c	37,24	±0,97 a	36,71	±0,73 b
DA80	25,34	±1,60 d	34,69	±1,15 c	37,37	±0,85 b

Nota: Valores das médias; Desvio padrão. NAT= minitomates in natura; . DA50= Desidratação adiabática 80°C/2 h em seguida 50°C/ 31 h; DA60= Desidratação adiabática 80°C/2 h em seguida 60°C/25 h; DA70= Desidratação adiabática 80°C/2 h em seguida 70°C/ 11 h; DA80= Desidratação adiabática 80°C/10 h. Médias seguidas da mesma letra em coluna não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

Os produtos submetidos à desidratação adiabática engendraram uma redução significativa na luminosidade ($p < 0,05$), acentuada pelo aumento da temperatura durante o processo. Entretanto, ao comparar os tratamentos DA60 e DA70, verificou-se que, apesar de apresentarem diferentes valores médios de redução na luminosidade, não acusaram efeito significativo entre si.

A redução da luminosidade, influenciada pela temperatura, resultou em um produto mais escuro, comparado ao produto *in natura*, em função da ocorrência do processo de escurecimento não enzimático caracterizada pela reação de *Maillard*, que promoveu a formação de compostos escuros (CRUZ; BRAGA; GRANDI, 2012; SANTOS-SÁNCHEZ et al., 2012). Além disto, outros fatores como, a oxidação de ácidos orgânicos oriundos do produto, bem como, a reação de caramelização, contribuíram para o escurecimento dos produtos desidratados (FELLOWS, 2006).

Diferentemente do ocorrido neste experimento, Alessi et al. (2013) ao desidratarem minitomates *Sweet Grape*, não verificaram efeito significativo ($p > 0,05$) de luminosidade entre os produtos, *in natura*, submetidos à desidratação convencional e solar. Esse fato pode ter ocorrido, devido as diferenciações nas condições de processo, equipamentos e sazonalidade das matérias primas, ou até mesmo, no processo de amostragem analítica.

A cromaticidade ou saturação da cor quantifica o gradiente do afastamento do eixo central no diagrama CIELAB, variando de uma região difusa, que representa a mistura de todas as cores (valor 0), até uma região de cor pura (valor 60) (MINOLTA, 1998).

A saturação da cor dos minitomates desidratados nos tratamentos DA60 e DA70, não apresentou efeito significativo ao nível de 5% de significância (Tabela 9), quando comparado ao produto *in natura*, demonstrando que ocorreu estabilidade da cromaticidade durante o tratamento térmico. De maneira oposta, temperaturas de desidratação, tanto a mais alta (DA80) como a mais baixa (DA50), demonstraram redução na saturação da cor e diferiram estatisticamente dos demais tratamentos, bem como dos minitomates *in natura*.

Temperaturas de desidratação adiabáticas mais elevadas (DA80) promoveram maior remoção de água do produto, e maior oxidação do conteúdo de ácido ascórbico, influenciando, portanto, de forma negativa nas características do produto, uma vez que, as reações de oxidação podem contribuir na perda do brilho em produto desidratado (RAMOS et al., 2008). Antagonicamente, temperaturas de desidratação adiabáticas menos elevadas (DA50) representaram produtos com menores concentrações de sólidos totais, desfavorecendo a saturação da cor vermelho.

Em experimento realizado por Heredia et al. (2010), tomates cereja desidratados em micro-ondas apresentaram redução na saturação de cor, em função do tempo de processamento. Já Alessi et al. (2013), ao submeterem minitomates *Sweet Grape* aos processos de desidratação solar e em estufa, relataram efeito significativo na redução da saturação da cor tendo como referência o produto *in natura*.

O ângulo de cor *Hue* representa o ângulo de tonalidade e caracteriza a qualidade da cor do produto, que indica uma variação entre as cores e sua nuances, que são segmentados em quadrantes, permeando entre 0° (vermelho), 90° (amarelo), 180° (verde) e 270° (azul) (MINOLTA, 1998).

Comparando os valores do ângulo de cor *Hue* entre o produto *in natura* e após a desidratação adiabática, percebeu-se uma redução dos valores apresentados, demonstrando um efeito significativo ($p < 0,05$) da temperatura do processo, o que favoreceu a intensificação da cor vermelha, principalmente pela elevação dos teores

de sólidos solúveis e aumento na concentração de licopeno, uma vez que este é caracterizado pela coloração avermelhada.

Conforme valores expressos na Tabela 9 foram observados que entre os tratamentos DA60, DA70 e DA80 não houve diferença significativa em relação à tonalidade da coloração do produto, mas estes diferiram do tratamento de menor temperatura DA50, que representou maior redução, apesar deste tratamento ter sido pouco eficaz em relação a outras variáveis analisadas.

Diante dos resultados discutidos nesta etapa do experimento foi estabelecido que as melhores condições da desidratação adiabática em duplo estágio a 80°C/2 h seguido da redução para 70°C/11 h.

5.3 Efeito das aplicações de antioxidante e acidulante

O efeito das aplicações de antioxidante e acidulante no processo de desidratação dos minitomates foi observado nos quatro tratamentos. Para o controle TAA1, adotou-se a não aplicação de antioxidante e acidulante e para os demais foi adicionado 100 mg L⁻¹ de metabissulfito de sódio, 1500 mg L⁻¹ de ácido ascórbico e 6 g L⁻¹ de ácido cítrico (TAA2); 50 mg L⁻¹ de metabissulfito de sódio, 750 mg L⁻¹ de ácido ascórbico e 3 g L⁻¹ de ácido cítrico (TAA3); 50 mg L⁻¹ de metabissulfito de sódio, 1000 mg L⁻¹ de ácido ascórbico e 3 g L⁻¹ de ácido cítrico (TAA4). Estatisticamente, não houve influência dos antioxidante e acidulante no teor de sólidos solúveis dos minitomates desidratados, apesar do decréscimo apresentado no tratamento TAA2, em relação ao controle e demais tratamentos (Figura 12).

Figura 12- Sólidos solúveis nos minitomates desidratados

TAA1 (controle), TAA2 (100 mg L⁻¹ de metabissulfito de sódio, 1500 mg L⁻¹ de ácido ascórbico e 6 g L⁻¹ de ácido cítrico), TAA3 (50 mg L⁻¹ de metabissulfito de sódio, 750 mg L⁻¹ de ácido ascórbico e 3 g L⁻¹ de ácido cítrico), TAA4 (50 mg L⁻¹ de metabissulfito de sódio, 1000 mg L⁻¹ de ácido ascórbico e 3 g L⁻¹ de ácido cítrico). Barras verticais representam o erro padrão médio (n=6)

Com a redução, pela metade, do ácido ascórbico, metabissulfito de sódio e ácido cítrico adicionados, o teor de sólidos solúveis sofreu pequeno aumento de 39,61°Brix (TAA2) para 39,87°Brix (TAA3), evidenciando o efeito dos agentes antioxidantes em reduzir a concentração de sólidos solúveis. Este mesmo comportamento também foi relatado por Camargo (2005), ao desidratar metades de tomates sem sementes da variedade Andreia, adicionados de 1500 mg L⁻¹ de ácido ascórbico e 100 mg L⁻¹ de metabissulfito de sódio, promovendo redução do teor de sólidos solúveis de 44 °Brix para 43 °Brix, quando comparado ao controle.

A atividade de água apresentou comportamento similar, tanto para as amostras do tratamento controle, quanto para as amostras dos tratamentos TAA3 e TAA4 (Figura 13).

Figura 13- Atividade de água nos minitomates desidratados

TAA1 (controle), TAA2 (100 mg L⁻¹ de metabissulfito de sódio, 1500 mg L⁻¹ de ácido ascórbico e 6 g L⁻¹ de ácido cítrico), TAA3 (50 mg L⁻¹ de metabissulfito de sódio, 750 mg L⁻¹ de ácido ascórbico e 3 g L⁻¹ de ácido cítrico), TAA4 (50 mg L⁻¹ de metabissulfito de sódio, 1000 mg L⁻¹ de ácido ascórbico e 3 g L⁻¹ de ácido cítrico). Barras verticais representam o erro padrão médio (n=6)

As amostras TAA2 tiveram aumento de 18%, quando comparadas ao controle e aos demais tratamentos. Observou-se que, quanto maior foi a concentração de metabissulfito de sódio e ácido ascórbico, maior a atividade de água do produto desidratado, pois, além da ação como antioxidante, que inibe as reações enzimáticas e não enzimáticas, o metabissulfito de sódio promoveu a rigidez nos tecidos vegetais, impedindo a difusão osmótica e a remoção da água. Isto se deve ao fato de que, parte do sulfito adicionado pode ter se ligado às moléculas presentes na matriz vegetal, como aldeídos, cetonas, açúcares e proteínas (MACHADO; TOLEDO, 2006).

Essas mesmas evidências foram apontadas por Camargo (2005), acerca da ação dos antioxidantes adicionados, no aumento da atividade de água de tomates desidratados. Entretanto, a redução pela metade do metabissulfito de sódio, e do ácido ascórbico adicionados às amostras TAA3, não aumentou a atividade de água, em comparação com as amostras controle.

Em relação ao teor de NaCl (Figura 14), houve aumento da concentração no produto desidratado, à medida em que foi adicionado o metabissulfito de sódio, de

1,09% TAA1 para 1,20% TAA3 e TAA4, em função dos íons de sódio terem contribuído nos resultados da quantificação analítica.

Figura 14- Cloreto de sódio nos minitomates desidratados

TAA1 (controle), TAA2 (100 mg L⁻¹ de metabissulfito de sódio, 1500 mg L⁻¹ de ácido ascórbico e 6 g L⁻¹ de ácido cítrico), TAA3 (50 mg L⁻¹ de metabissulfito de sódio, 750 mg L⁻¹ de ácido ascórbico e 3 g L⁻¹ de ácido cítrico), TAA4 (50 mg L⁻¹ de metabissulfito de sódio, 1000 mg L⁻¹ de ácido ascórbico e 3 g L⁻¹ de ácido cítrico). Barras verticais representam o erro padrão médio (n=6)

Concomitantemente, quando foi adicionado o dobro de metabissulfito de sódio, foi observado incremento de 1,32% na amostra TAA2, independente das variações de ácido ascórbico e ácido cítrico, adicionados.

Em relação ao ácido ascórbico, foi possível verificar que a adição de 1500 mg L⁻¹ na solução promoveu acréscimo de 121,76 mg 100 g⁻¹ (b.s.) na amostra TAA2, em relação ao controle, que apresentou 30,86 mg 100 g⁻¹ em base seca (Figura 15). A redução em 50% na amostra TAA3 do ácido ascórbico acarretou em redução proporcional da concentração no produto, uma vez que neste tratamento também foi reduzida a concentração de metabissulfito de sódio e ácido cítrico. Em contrapartida, ao ser adicionado 1000 mg L⁻¹ de ácido ascórbico e 3 g L⁻¹ de ácido cítrico ao

tratamento TAA4, houve decréscimo de 25% do conteúdo de ácido ascórbico, no produto desidratado.

Figura 15- Ácido ascórbico e licopeno nos minitomates desidratados

TAA1 (controle), TAA2 (100 mg L⁻¹ de metabissulfito de sódio, 1500 mg L⁻¹ de ácido ascórbico e 6 g L⁻¹ de ácido cítrico), TAA3 (50 mg L⁻¹ de metabissulfito de sódio, 750 mg L⁻¹ de ácido ascórbico e 3 g L⁻¹ de ácido cítrico), TAA4 (50 mg L⁻¹ de metabissulfito de sódio, 1000 mg L⁻¹ de ácido ascórbico e 3 g L⁻¹ de ácido cítrico). Barras verticais representam o erro padrão médio (n=6)

Foi verificado no experimento relatado por Camargo (2005), que a adição de metabissulfito de sódio e ácido ascórbico promoveram aumento no teor de ácido ascórbico, quando comparado com amostras sem adição de antioxidantes.

Em trabalho apresentado por Santos-Sanchez et al. (2012), foi possível verificar o efeito da redução em 30% da degradação do ácido ascórbico, ao desidratar fatias de tomates com adição do metabissulfito de sódio no pré-tratamento, em comparação com outros processos semelhantes sem a adição do antioxidante.

Quanto ao conteúdo de licopeno, ocorreu um aumento expressivo de 25,51 mg 100 g⁻¹ (b.s.) do controle para 36,97 mg 100 g⁻¹ (b.s.) as amostras TAA2 que representaram adição de 100 mg L⁻¹ de metabissulfito de sódio, 1500 mg L⁻¹ de ácido ascórbico e 6 g L⁻¹ de ácido cítrico (Figura 15). Da mesma forma, esse efeito foi observado em experimento relatado por Camargo (2005), ao desidratar metades de tomate com adição de metabissulfito de sódio e ácido ascórbico, resultando em aumento de 23% do teor de licopeno, quando comparado com o controle.

No entanto, a redução nas quantidades de metabissulfito de sódio, ácido ascórbico e ácido cítrico não promoveu efetiva redução nas concentrações do licopeno dos produtos submetidos ao TAA3 e TAA4, demonstrando efeito positivo, mesmo em concentrações menores.

Latapi e Barrett (2006) descreveram que a utilização de metabissulfito de sódio e cloreto de sódio no pré-tratamento de fatias de tomate submetidas à desidratação solar resultou no aumento em 58% do teor de licopeno, em comparação ao pré-tratamento em que foi utilizado apenas o NaCl.

Com relação à concentração de sulfito residual nos minitomates desidratados, todos os tratamentos TAA1, TAA2, TAA3 e TAA4, apresentaram resultados isentos de SO₂, estando em conformidade com os parâmetros estabelecidos pela legislação RDC 08/2013 - ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) que especifica o limite de SO₂ no produto desidratado (máximo de 0,1 g 100 g⁻¹ de amostra) (BRASIL, 2013). Esse efeito pode ter ocorrido, devido a quantidade aplicada e ao fato de que, o calor foi o responsável pela remoção do dióxido de enxofre, durante a desidratação (LUCK; JAGER, 1997).

Quanto à firmeza do produto desidratado, foi possível verificar o efeito da adição do metabissulfito de sódio, ácido ascórbico e ácido cítrico (Figura 16), quando comparado ao tratamento controle TAA1.

Figura 16- Firmeza dos minitomates desidratados

TAA1 (controle), TAA2 (100 mg L^{-1} de metabissulfito de sódio, 1500 mg L^{-1} de ácido ascórbico e 6 g L^{-1} de ácido cítrico), TAA3 (50 mg L^{-1} de metabissulfito de sódio, 750 mg L^{-1} de ácido ascórbico e 3 g L^{-1} de ácido cítrico), TAA4 (50 mg L^{-1} de metabissulfito de sódio, 1000 mg L^{-1} de ácido ascórbico e 3 g L^{-1} de ácido cítrico). Barras verticais representam o erro padrão médio ($n=10$)

Nesse experimento, ao comparar o controle (TAA1) com os tratamentos, TAA3 e TAA4, verificaram-se menor aumento na firmeza, aproximadamente 18 e 19% respectivamente, entretanto, quando comparado com TAA2, observou-se um aumento de aproximadamente 69,7% na firmeza, cuja solução osmótica continha maior concentração de metabissulfito de sódio, ácido ascórbico e ácido cítrico. No tratamento TAA3, com redução em 50% dos aditivos adicionados, houve redução de, aproximadamente, 30% da firmeza do produto desidratado.

No tratamento intermediário TAA4, houve aumento de 0,1% na firmeza do produto desidratado, pois o ácido ascórbico não influenciou na firmeza do produto (PARRY, 1995). O mesmo foi evidenciado por Fagundes e Ayub (2005) ao submeterem caquis ao tratamento com ácido ascórbico, os quais não observaram efeito da firmeza do fruto quando comparado com o controle, sem nenhum tratamento.

O efeito da variação na firmeza ocorreu devido à desesterificação de grupos metílicos ou acetil das pectinas, pela ação enzimática da pectinametilesterase, bem

como a despolimerização das cadeias pécticas, pela ação da poligalacturonase, promovendo a decomposição das moléculas poliméricas e diminuindo a força de coesão e a firmeza do produto (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O efeito da adição de metabissulfito de sódio, ácido ascórbico e ácido cítrico na cor do produto desidratado (Figura 17) foi expresso em luminosidade (L), cromaticidade (Croma) e ângulo de cor *Hue*.

Figura 17- Cor dos minitomates desidratados

TAA1 (controle), TAA2 (100 mg L⁻¹ de metabissulfito de sódio, 1500 mg L⁻¹ de ácido ascórbico e 6 g L⁻¹ de ácido cítrico), TAA3 (50 mg L⁻¹ de metabissulfito de sódio, 750 mg L⁻¹ de ácido ascórbico e 3 g L⁻¹ de ácido cítrico), TAA4 (50 mg L⁻¹ de metabissulfito de sódio, 1000 mg L⁻¹ de ácido ascórbico e 3 g L⁻¹ de ácido cítrico). Barras verticais representam o erro padrão médio (n=10)

A luminosidade foi representada por um pequeno acréscimo nas amostras TAA2, TAA3 e TAA4, quando comparadas com o controle TAA1. Esse aumento em 12,8%, 10,1% e 10,3%, respectivamente, representou redução no escurecimento das amostras tratadas com metabissulfito de sódio, ácido ascórbico e ácido cítrico. Apesar do tratamento TAA2 representar maior taxa de aumento da luminosidade, este não diferiu significativamente dos tratamentos, TAA3 e TAA4.

Muratore et al. (2008) também relataram aumento da luminosidade em tomates cereja cortados ao meio e submetidos à desidratação osmótica com ácido cítrico 10 g L^{-1} , cloreto de sódio 10 g L^{-1} e cloreto de cálcio 24 g L^{-1} , desidratados em secador sob diferentes temperaturas.

Esse aumento da luminosidade, representado pela desaceleração do escurecimento enzimático e não enzimático, foi promovido pelo efeito do conjunto dos aditivos adicionados. O ácido ascórbico é um agente redutor capaz de transformar as quinonas em fenóis, prevenindo a oxidação e contribuindo para a redução do pH do meio (CHEFTEL; CHEFTEL, 1992; FENNEMA, 1993). Os sulfitos agem na redução das o-quininas para o-difenóis ou na complexação e inativação da polifenoloxidase. Cardoso et al. (2007) ao desidratarem maçãs, observaram que a adição de metabissulfito de sódio em concentrações maiores que 50 mg kg^{-1} já apresentavam o efeito de prevenção do escurecimento.

Os sulfitos também atuam nas reações de escurecimento não enzimático, impedindo o desenvolvimento da cor escura, através da reação com compostos carbonílicos, que podem ser formados, durante o processo de escurecimento não enzimático (ARAÚJO, 2011; LUCK; JAGER, 1997; WEDZICHA, 1992). Já o ácido cítrico, por ser um agente sequestrante, atua em sinergismo com os antioxidantes presentes e potencializa o efeito redutor da oxidação no produto (BRAVERMAN, 1978). A desidratação desencadeia o processo oxidativo e, conseqüentemente, a alteração da cor do produto (BAREH; SHOUK; KASSEM, 2011). O ácido cítrico atua na inibição da polifenoloxidase, em função da redução do pH e como quelante do cobre do grupo prostético (ALMEIDA, 1991; ARAÚJO, 2011).

A cromaticidade apresentou aumento de 37,17 da amostra controle (TAA1) para 39,44 (TAA2); 41,22 (TAA3) e 41,25 (TAA4). O efeito da saturação da cor dos produtos desidratados em função da adição dos antioxidantes e do acidulante foi significativo ($p < 0,05$). A redução no escurecimento, proporcionou aumento da cromaticidade dos minitomates desidratados e as menores concentrações de sólidos solúveis representaram efeito negativo, na saturação da cor característica, o que foi também, observado por Bareh, Shouk e Kassem (2011), ao desidratarem fatias de tomate, com prévio tratamento de solução contendo ácido ascórbico e metabissulfito de sódio.

A redução do ângulo de tonalidade *Hue*, implicou na potencialização da cor vermelha mais intensa dos minitomates desidratados, em função da inibição do

processo de escurecimento. Quando comparados, o controle (TAA1) com o TAA2, foi possível observar a redução de 36,75° para 34,84° no matiz angular. No entanto, a redução do metabissulfito de sódio em 50%, ácido ascórbico em 50% e 33%, respectivamente, e ácido cítrico em 50% no TAA3 e no TAA4, implicaram no decréscimo do ângulo de tonalidade em 33,97° e 33,60°, em função do efeito da inibição do escurecimento promovido pela adição do antioxidante e acidulante.

Desta forma, ficou estabelecido nesta etapa do experimento, efeito favorável da aplicação dos antioxidantes, ácido ascórbico (750 mg L⁻¹), metabissulfito de sódio (50 mg L⁻¹) e acidulante ácido cítrico (3 g L⁻¹), durante o pré-tratamento osmótico.

5.4 Minitomates submetidos à desidratação adiabática e liofilização

5.4.1 Análises físico-químicas de minitomates desidratados em secador adiabático e liofilizados

Os valores médios de umidade dos produtos desidratados sem o tratamento osmótico DASDO apresentaram aumento duas vezes maior que os produtos desidratados com prévio tratamento osmótico DACDO (Tabela 10). Em 60 dias de armazenamento, as amostras DACDO não apresentaram efeito significativo com relação à umidade do produto ao nível de 5% de significância, no entanto, as amostras DASDO demonstraram aumento de 5,9% de umidade em relação ao período inicial. No que se refere ao período final de monitoramento, ficou evidente que os produtos desidratados sem o tratamento osmótico DASDO obtiveram ganho de 24,8% de umidade com relação à amostra do período inicial, já o produto desidratado com tratamento osmótico DACDO obteve aumento em 11,9%. O tratamento osmótico, com seus constituintes de sacarose, cloreto de sódio, metabissulfito de sódio, ácido ascórbico e ácido cítrico, promoveram estabilidade e proteção ao produto, impedindo a incorporação de umidade durante o armazenamento. No tratamento osmótico, devido à incorporação do soluto pelo produto, houve a formação de uma camada superficial, rígida, potencializada pelo calor da desidratação (IGARASHI, 1999).

Tabela 10- Umidade (%) de minitomates *Sweet Grape* após desidratação adiabática e liofilização

Tratamentos	Período de armazenamento (dias)				
	1	30	60	90	120
DASDO	35,93±0,75Da	37,35±0,80Ca	38,07±0,35Ca	40,25±0,54Ba	44,85±0,90Aa
DACDO	35,08±0,74Ca	34,41±0,40Cb	35,34±0,66Cb	37,40±0,39Bb	39,26±0,58Ab
LSDO	08,13±0,44Cb	08,88±0,61Cc	10,75±0,74Bc	11,30±0,42Bc	12,85±0,75Ac
LCDO	06,84±0,21Cb	07,04±0,77Cd	08,49±0,69Bd	10,11±0,77Ac	10,34±0,51Ad

Nota: Valores médios e Desvio padrão. DASDO= Desidratação adiabática sem pré-tratamento osmótico, DACDO= Desidratação adiabática com pré-tratamento osmótico, LSDO= Liofilização sem pré-tratamento osmótico, LCDO= Liofilização com pré-tratamento osmótico. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

O produto liofilizado apresentou comportamento diferente, em relação ao aumento de umidade, em função do tempo de armazenamento. Após liofilização, a umidade do produto sem tratamento osmótico LSDO foi de 8,13% e com tratamento osmótico LCDO foi de 6,84%, devido ao fato do tratamento osmótico ter promovido redução da umidade inicial do produto, fato que favoreceu o processo de liofilização. No período de 60 dias de armazenamento foi observado aumento significativo da umidade ($p < 0,05$) em relação ao período inicial, com aumento de 32,2% na amostra sem desidratação osmótica LSDO e 24,1% na amostra que passou por esse tratamento LCDO. No período de 120 dias observou-se 58,06% de incorporação de umidade para os produtos liofilizados sem tratamento osmótico enquanto que, com tratamento osmótico foi de 51,17%, foi possível concluir que, a desidratação osmótica protegeu o produto contra a reidratação.

O pH aumentou durante os períodos de armazenamento para todos os tratamentos, proporcionado pelo aumento da umidade do produto (Tabela 11). O pH exerceu influência nas características sensoriais do produto, bem como, na estabilidade microbiológica, durante o armazenamento, quando mantidos valores abaixo de 4,5 (SHI et al., 1997), o que foi evidenciado neste experimento, para todos os tratamentos.

Tabela 11- Valores de pH de minitomates *Sweet Grape* após desidratação adiabática e liofilização

Tratamentos	Período de armazenamento (dias)				
	1	30	60	90	120
DASDO	4,10±0,03Ba	4,21±0,15Ba	4,25±0,06Ba	4,43±0,07Aa	4,42±0,06Aa
DACDO	3,97±0,04Cab	4,04±0,06BCb	4,11±0,11BCa	4,15±0,12ABbc	4,27±0,13Aa
LSDO	3,86±0,02Bb	3,85±0,03Bc	3,91±0,03Bb	4,28±0,15Aab	4,35±0,09Aa
LCDO	3,82±0,03Cb	3,84±0,05Cc	3,88±0,06BCb	4,04±0,09Bc	4,34±0,05Aa

Nota: Valores médios; Desvio padrão. DASDO= Desidratação adiabática sem pré-tratamento osmótico, DACDO= Desidratação adiabática com pré-tratamento osmótico, LSDO= Liofilização sem pré-tratamento osmótico, LCDO= Liofilização com pré-tratamento osmótico. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

Observou-se aumento significativo do pH ($p < 0,05$) durante 120 dias de armazenamento, bem como a variação entre os tratamentos de desidratação adiabática. Tal fato se deve à aquisição de umidade, principalmente nas amostras sem tratamento osmótico. Valores semelhantes foram relatados por Silva et al. (2010) no estudo de desidratação de tomates Santa Clara pré-tratados osmoticamente com sacarose e cloreto de sódio e desidratados a 65°C/14 h, obtiveram aumento do pH em aproximadamente 6%, após 45 dias de armazenamento.

Os produtos liofilizados também apresentaram os mesmos comportamentos, sendo que, para o liofilizado sem a pré-desidratação osmótica (LSDO), os valores passaram de 3,86 para 4,35 enquanto que no tratamento com pré-desidratação osmótica (LCDO) de 3,82 para 4,34.

A atividade de água dos produtos desidratados e liofilizados apresentou pequeno aumento com o tempo de armazenamento (Tabela 12).

Tabela 12- Atividade de água (A_w) de minitomates *Sweet Grape* após desidratação adiabática e liofilização

Tratamentos	Período de armazenamento (dias)				
	1	30	60	90	120
DASDO	0,77±0,02Ca	0,82±0,01Ba	0,83±0,01Ba	0,84±0,01Ba	0,91±0,03Aa
DACDO	0,74±0,01Ba	0,75±0,02Bb	0,76±0,01Bb	0,78±0,01Bb	0,83±0,02Ab
LSDO	0,39±0,02Cb	0,41±0,01Cc	0,42±0,01BCc	0,45±0,02Bd	0,50±0,01Ac
LCDO	0,37±0,01Cb	0,38±0,04Cc	0,39±0,03BCc	0,40±0,01Bc	0,46±0,02Ad

Nota: Valores médios; Desvio padrão. DASDO= Desidratação adiabática sem pré-tratamento osmótico, DACDO= Desidratação adiabática com pré-tratamento osmótico, LSDO= Liofilização sem tratamento osmótico, LCDO= Liofilização com tratamento osmótico. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

Na desidratação adiabática pôde-se verificar que o aumento da atividade de água foi menor nas amostras com tratamento osmótico (DACDO), quando comparado com as amostras sem tratamento osmótico (DASDO), representado por 12% e 18% respectivamente. Já as amostras liofilizadas, apesar do processo de liofilização ter promovido uma redução expressiva, em torno de 50%, da atividade de água no produto, comparado com o processo de desidratação adiabática, observou-se um comportamento similar aos produtos desidratados osmoticamente, com relação ao aumento na atividade de água durante o armazenamento.

Tomates com pré-tratamento osmótico, avaliados por Camargo (2005) apresentaram resultados maiores de atividade de água ($A_w=0,86$), quando comparados ao obtido neste experimento, em função das características do material, condições de processos e equipamentos utilizados que podem interferir nos resultados (CHANG et al., 2006). A atividade de água é um dos fatores mais importantes para a estabilidade microbiológica de produtos desidratados (FENNEMA, 1993; JANGAM; THORAT, 2010; ZHANG et al., 2010).

Os sólidos solúveis apresentaram redução significativa durante o período de armazenamento, em função do ganho de umidade no produto. Esta redução foi maior no tratamento sem desidratação osmótica (DASDO) de 38,18 para 29,97 após 120 dias, já o tratamento com desidratação osmótica (DACDO) passou de 39,20 para 34,12, conforme apresentado na Tabela 13.

Tabela 13- Sólidos solúveis (°Brix) de minitomates *Sweet Grape* após desidratação adiabática e liofilização

Tratamentos	Período de armazenamento (dias)				
	1	30	60	90	120
DASD	38,17±0,72Ac	37,66±0,62Ad	35,84±0,63Bd	31,72±0,22Cd	29,97±0,29Dd
DACD	39,20±0,80Ac	39,97±0,89 Ac	38,52±0,81Ac	35,90±0,60Bc	34,12±0,86Cc
LSDO	66,13±0,83Ab	66,84±1,13 Ab	63,45±0,82Bb	60,31±1,00Cb	59,61±0,95Cb
LCDO	80,08±0,46Aa	77,10±0,73Ba	75,74±0,87BCa	74,53±0,57CDa	73,41±0,38Da

Nota: Valores médios; Desvio padrão. DASDO= Desidratação adiabática sem pré-tratamento osmótico, DACDO= Desidratação adiabática com pré-tratamento osmótico, LSDO= Liofilização sem pré-tratamento osmótico, LCDO= Liofilização com pré-tratamento osmótico. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

Os produtos liofilizados sem tratamento osmótico LSDO também apresentaram comportamento similar, ou seja, houve redução de 66,13 para 59,61; do mesmo modo, os produtos liofilizados com tratamento osmótico LCDO apresentaram redução de 80,08 para 73,41 e apresentaram diferença significativa ($p<0,05$) ao longo de 120 dias de armazenamento.

O efeito do pré-tratamento osmótico na liofilização dos minitomates foi significativo ($p<0,05$) em relação ao teor de sólidos solúveis, com expressivo aumento em torno de 20%, ocasionado pela adição da sacarose e do NaCl da solução osmótica. Este mesmo comportamento foi observado em trabalho apresentado por Soares, Oliveira e Maia (2001) ao liofilizarem acerola. Da mesma forma Krokida, Maroulis e Saravacos (2001) relataram este mesmo comportamento ao liofilizarem maçã, banana e cenoura.

A acidez total foi reduzida de forma significativa ($p<0,05$) com o tempo de armazenamento (120 dias), tanto para os produtos desidratados como para os liofilizados (Tabela 14). Fato ocorrido em função da degradação dos ácidos orgânicos, pois nos produtos desidratados pode ter ocorrido a formação de microcapilares que facilitou o acesso ao oxigênio (ALVES; SILVEIRA, 2002; ARAÚJO, 2011).

Tabela 14- Acidez total (g 100 g⁻¹ de ácido cítrico) de minitomates *Sweet Grape* após desidratação adiabática e liofilização

Tratamentos	Período de armazenamento (dias)				
	1	30	60	90	120
DASD	1,10±0,08Ab	1,00±0,04Ab	0,93±0,02Bb	0,80±0,05Cb	0,75±0,07Cb
DACD	1,34±0,06Aa	1,32±0,08Aa	1,26±0,05Ba	0,91±0,06Ca	0,84±0,03Ca
LSDO	0,66±0,04Ad	0,64±0,02Ac	0,53±0,02Bd	0,49±0,05Bc	0,47±0,01Bc
LCDO	0,95±0,02Ac	0,94±0,01Ab	0,83±0,08Bc	0,56±0,02Cc	0,56±0,03Cc

Nota: Valores médios; Desvio padrão. DASDO= Desidratação adiabática sem pré-tratamento osmótico, DACDO= Desidratação adiabática com pré-tratamento osmótico, LSDO= Liofilização sem pré-tratamento osmótico, LCDO= Liofilização com pré-tratamento osmótico. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

A acidez total representa de forma direta os parâmetros de sabor do produto, o que implica no fornecimento de informações importantes, tanto para o processamento como para a aceitação do produto (CAMARGO 2005; CRUZ; BRAGA; GRANDI, 2012).

Neste experimento foi possível perceber certa estabilidade dos ácidos totais no 30º dia de armazenamento, sendo que a degradação dos ácidos foi observada somente no 60º dia para os 4 tratamentos. Resultados semelhantes foram relatados em outras pesquisas, cujos autores desidrataram melão (MAESTRELLI et al., 2001), toranja e abacaxi (PEIRÓ-MENA et al., 2006) e tomate (SILVA et al., 2010).

Observou-se também efeito significativo do tratamento osmótico na acidez total ($p < 0,05$) para os produtos desidratados e liofilizados.

O *ratio* apresentou comportamento similar, nas amostras desidratadas e nas liofilizadas, com aumento significativo ($p < 0,05$) em relação ao tempo de armazenamento de 120 dias (Tabela15).

Tabela 15- *Ratio* de minitomates *Sweet Grape* após desidratação adiabática e liofilização

Tratamentos	Período de armazenamento (dias)				
	1	30	60	90	120
DASDO	34,48±1,36Bc	37,38±2,10Ac	38,28±1,73Ac	39,64±2,21Ac	39,98±1,44Ac
DACDO	29,69±2,70Bd	30,39±1,87Bd	30,72±1,06Bd	39,47±3,70Ac	40,95±5,40Ac
LSDO	100,41±2,21Ca	104,02±2,05Ca	119,43±6,98Ba	123,08±2,69Ab	126,81±2,63Ab
LCDO	85,11±7,53Cb	82,91±2,33Cb	91,15±5,35Bb	133,34±5,54Aa	131,58±2,65Aa

Nota: Valores médios; Desvio padrão. DASDO= Desidratação adiabática sem pré-tratamento osmótico, DACDO= Desidratação adiabática com pré-tratamento osmótico, LSDO= Liofilização sem pré-tratamento osmótico, LCDO= Liofilização com pré-tratamento osmótico. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

A razão entre sólidos solúveis e acidez total representa um importante parâmetro relacionado ao sabor do produto e preferência do consumidor, pois um índice superior a 10 representa um produto de excelente sabor (KADER et al., 1978). Okada et al. (1997) mencionam um índice entre 12 a 18 como ótimo. Dessa forma os valores obtidos neste experimento suprimam os valores mencionados pelos autores.

Em pesquisa desenvolvida por Alessi et al. (2013), minitomates desidratados apresentaram *ratio* de 37,34, valor maior ao encontrado neste experimento (29,69), principalmente devido ao fato da menor acidez total apresentada.

No tratamento com liofilização observou-se maior *ratio* em relação à desidratação adiabática, em função dos maiores valores de sólidos solúveis e menores valores para acidez total.

Com relação aos sólidos totais verificou-se que os tratamentos DASDO e DACDO, nos períodos 30 e 60 dias de armazenamento, não apresentaram diferença significativa ao nível de 5% de significância. Somente nos períodos de 90 e 120 dias é que promoveram efeito significativo, de redução do teor de sólidos totais (Tabela 16).

Tabela 16- Sólidos totais (%) de minitomates *Sweet Grape* após desidratação adiabática e liofilização

Tratamentos	Período de armazenamento (dias)				
	1	30	60	90	120
DASDO	62,87±0,75Ad	62,65±0,80Ad	61,93±0,35Ad	59,75±0,36Bc	55,15±0,92Cd
DACDO	64,92±0,74Ac	65,59±0,40Ac	64,66±0,64Ac	62,60±0,67Bb	60,74±0,58Cc
LSDO	90,87±0,44Ab	90,12±0,61Ab	89,15±0,64Bb	88,70±0,52Ba	87,15±0,75Cb
LCDO	93,16±0,21Aa	92,96±0,74Aa	91,51±0,69Ba	89,89±0,71Ca	89,66±0,51Ca

Nota: Valores médios; Desvio padrão. DASDO= Desidratação adiabática sem pré-tratamento osmótico, DACDO= Desidratação adiabática com pré-tratamento osmótico, LSDO= Liofilização sem pré-tratamento osmótico, LCDO= Liofilização com pré-tratamento osmótico. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

Os produtos liofilizados LSDO e LCDO, não apresentaram efeito significativo de sólidos totais, ao nível de 5% de significância, em 30 dias de armazenamento, mas na amostragem de 60 dias, já apresentaram efeito significativo. Em 120 dias de armazenamento, a redução de sólidos totais LSDO foi de 90,87% para 87,15% e para as amostras com tratamento osmótico LCDO houve uma redução de 93,16% para 89,66%.

Esta redução dos sólidos totais foi promovida pelo aumento de umidade, durante o armazenamento, pois o conteúdo de sólidos solúveis tende a diminuir com a incorporação de água no produto.

A degradação do ácido ascórbico, com o tempo de armazenamento foi evidenciada em todos os tratamentos, a partir do 30º dia e apresentou efeito significativo ($p < 0,05$), em todos os períodos analisados (Tabela 17).

Tabela 17- Ácido ascórbico (mg 100 g⁻¹) de minitomates *Sweet Grape* após desidratação adiabática e liofilização

Tratamentos	Período de armazenamento (dias)				
	1	30	60	90	120
DASDO	19,75±0,58Ad	16,34±0,86Bd	13,45±0,87Cd	8,89±1,15Dd	4,26±1,11Ec
DACDO	59,14±1,12Ac	47,30±0,81Bc	37,80±1,20Cc	29,61±0,82Dc	24,91±1,16Eb
LSDO	83,11±0,43Ab	48,76±1,22Bb	65,97±1,38Cb	41,35±1,70Db	24,14±1,40Eb
LCDO	104,94±2,37Aa	87,07±1,68Ba	72,73±1,29Ca	66,67±1,19Da	41,70±1,59Ea

Nota: Valores médios; Desvio padrão. DASDO= Desidratação adiabática sem pré-tratamento osmótico, DACDO= Desidratação adiabática com pré-tratamento osmótico, LSDO= Liofilização sem pré-tratamento osmótico, LCDO= Liofilização com pré-tratamento osmótico. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

Houve maior perda de ácido ascórbico, nas amostras que não foram submetidas ao pré-tratamento osmótico DASDO, sendo observados os valores decrescendo de 19,75 para 4,26, enquanto que, DACDO apresentou redução de 59,14 para 24,91. Da mesma maneira, as amostras liofilizadas sem o pré-tratamento osmótico sofreram redução de 83,11 para 24,14; para o pré-tratamento LCDO houve redução de 104,94 para 41,70. O ácido ascórbico pode ter sido oxidado, em função das condições do processo, produto e principalmente, pH, teor de água, presença de oxigênio, temperatura de exposição e catálise de íons metálicos (UDDIN; HAWLADER; ZHOU, 2001).

Latapi e Barret (2006) avaliaram o efeito do pré-tratamento na desidratação solar de tomates, demonstrando que a adição de antioxidante influenciou na retenção do ácido ascórbico no produto após desidratação e durante o período de armazenamento.

Camargo (2005), por sua vez, ao desidratar tomates com pré-tratamento osmótico em secador adiabático, observou comportamento similar de degradação do ácido ascórbico, quando os produtos foram mantidos sob refrigeração por 180 dias em embalagem a vácuo. Conforme relata De La Cruz (1998), em tratamento osmótico, o uso de xarope concentrado também pode ter influenciado na redução de perdas de solutos hidrossolúveis, como o ácido ascórbico.

Chang et al. (2006), relataram que a degradação do ácido ascórbico foi maior em tomates desidratados a 80°C/2 h e 60°C/6 h, do que em liofilizados. Pois temperaturas mais elevadas promoveram maiores perdas de ácido ascórbico, que desencadearam no processo de oxidação do ácido ascórbico a ácido dehidroascórbico, seguido da hidrólise a ácido 2,3-dicetogulônico e, por fim, a polimerização em compostos nutricionalmente inativos (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2007).

Quanto ao teor de licopeno, observou-se redução gradativa durante o período de armazenamento, para todos os tratamentos (Tabela 18). Camargo (2005), no entanto, observou redução de licopeno, em tomate desidratado, de forma mais acentuada durante os 30 dias de armazenamento; segundo o autor, a partir deste período, a redução ocorreu de forma mais lenta, o que pode ser justificado devido à diversificação na variedade, forma de apresentação do produto e processamento.

Tabela 18- Licopeno (mg 100 g⁻¹) de minitomates *Sweet Grape* após desidratação adiabática e liofilização

Tratamentos	Período de armazenamento (dias)				
	1	30	60	90	120
DASDO	16,09±0,68Ad	13,20±0,54Bc	9,92±0,81Cd	7,27±0,72Db	3,85±0,66Ec
DACDO	23,74±0,91Ac	20,54±0,86Bb	18,03±0,92Cb	15,69±0,96Da	11,78±0,93Ea
LSDO	26,18±0,72Ab	20,76±0,89Bb	15,47±1,07Cc	7,43±1,35Db	4,45±0,64Ec
LCDO	34,00±0,96Aa	28,52±1,25Ba	24,06±1,12Ca	15,82±1,34Da	8,27±0,82Eb

Nota: Valores médios; Desvio padrão. DASDO= Desidratação adiabática sem pré-tratamento osmótico, DACDO= Desidratação adiabática com pré-tratamento osmótico, LSDO= Liofilização sem pré-tratamento osmótico, LCDO= Liofilização com pré-tratamento osmótico. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

De acordo com a Tabela 18, foi verificado que os produtos liofilizados apresentaram maior taxa de degradação em comparação aos desidratados. Este mesmo comportamento foi evidenciado por Chang et al. (2006), em experimento com tomates cortados em cubos submetidos aos processos de desidratação e liofilização, os autores relataram maior perda de licopeno nos tratamentos

lioofilizados. Duzzioni (2005) demonstrou que o processo de liofilização de tomates promoveu perdas significativas de licopeno.

No presente experimento foi possível observar o efeito do tratamento osmótico, na retenção do licopeno, tanto no processo de desidratação adiabática, quanto na liofilização, em função da concentração dos componentes, favorecida pelo fluxo de remoção da umidade (DE LA CRUZ, 1998; LENART, 1996).

Esse mesmo comportamento foi observado por Zanoni et al. (1999) para teores de licopeno em tomates desidratados cortados ao meio, cuja estabilidade foi observada até em temperaturas elevadas, de 110°C. Outros trabalhos de desidratação de tomate também relataram o mesmo efeito (AZOUBEL; MURR, 2004; DEWANTO et al., 2002; HEREDIA et al., 2010; SANTOS-SANCHEZ et al., 2012).

Com relação à firmeza, foi observado pequeno declínio com o tempo de armazenamento, para todos os tratamentos (Tabela 19).

Tabela 19- Firmeza (N) de minitomates *Sweet Grape* após desidratação adiabática e liofilização

Tratamentos	Período de armazenamento (dias)				
	1	30	60	90	120
DASDO	11,83±1,04Ad	12,38±0,75Ab	10,66±0,72Bc	7,93±0,59Cd	6,51±0,76Dc
DACDO	13,96±1,07Ac	13,85±0,71Ab	12,79±0,61BCb	12,01±0,78Cc	10,78±0,66Db
LSDO	22,93±0,57Aa	19,65±1,32Ba	16,17±1,20Ca	13,73±1,18Db	10,88±1,05Eb
LCDO	19,94±0,58Ab	19,44±1,23Aa	16,02±1,59Ba	15,06±1,24BCa	14,45±0,91Ca

Nota: Valores médios; Desvio padrão. DASDO= Desidratação adiabática sem pré-tratamento osmótico, DACDO= Desidratação adiabática com pré-tratamento osmótico, LSDO= Liofilização sem pré-tratamento osmótico, LCDO= Liofilização com pré-tratamento osmótico. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

A redução da firmeza ocorreu de forma mais intensa, nos tratamentos sem desidratação osmótica, pois o tratamento DASDO apresentou redução de 11,83 N para 6,51 N, no período de 120 dias de armazenamento. Entretanto, neste mesmo período, no tratamento DACDO houve decréscimo de 13,96 N para 10,78 N. Tal

decréscimo pode ser explicado pelo fato do pré-tratamento osmótico na desidratação apresentar a função de antecipar o deslocamento da umidade do interior do produto e promover um efeito protetor sobre a estrutura do material desidratado (LENART, 1996).

Observou-se que, na desidratação adiabática, os produtos mantiveram-se estáveis, durante o armazenamento e somente a partir do 60º dia é que houve redução significativa em relação à firmeza.

Os produtos liofilizados apresentaram maior taxa de redução da firmeza, como as amostras LSDO que apresentaram os valores de 22,93 e 10,88 enquanto que para a LCDO 19,94 e 14,45. A liofilização promoveu a sublimação da água de forma intensa, produzindo uma matriz porosa, susceptível à reabsorção de umidade (COLLARES; KIECKBUSCH; FINZER, 2004; ROOS, 1995).

Com relação ao parâmetro colorimétrico L, que representa a luminosidade das amostras verificou-se redução gradativa desta variável com o tempo de armazenamento (Tabela 20).

Tabela 20- Parâmetros colorimétricos L de minitomates *Sweet Grape* após desidratação adiabática e liofilização

Tratamentos	Período de armazenamento (dias)				
	1	30	60	90	120
DASDO	28,18±1,88Ad	26,95±0,92Bc	24,22±0,94Cc	22,09±0,94Dd	19,10±1,36Ec
DACDO	31,44±1,60Ac	30,54±1,32ABb	31,40±1,27Ab	29,76±0,79BCc	28,42±1,52Cb
LSDO	53,11±1,40Aa	51,83±0,98ABa	51,96±0,85ABa	52,56±0,85Aa	51,02±1,24Ba
LCDO	50,61±0,98Ab	50,53±0,98Aa	51,06±0,85Aa	50,63±0,81Ab	50,42±1,24Aa

Nota: Valores médios; Desvio padrão. DASDO= Desidratação adiabática sem pré-tratamento osmótico, DACDO= Desidratação adiabática com pré-tratamento osmótico, LSDO= Liofilização sem pré-tratamento osmótico, LCDO= Liofilização com pré-tratamento osmótico. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

O efeito do tratamento osmótico foi mais perceptível no tratamento de desidratação adiabática em relação à liofilização. As amostras DASDO e DACDO apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) em relação ao valor L, a partir do início

até o período final de acompanhamento. No entanto, este mesmo efeito não foi perceptível no tratamento de liofilização, em que as amostras LSDO e LCDO, não apresentaram diferença significativa durante o armazenamento. Tal fato foi promovido pela grande diferença na concentração de umidade entre os produtos, pois, a umidade mais elevada favoreceu, a degradação do licopeno, a oxidação do ácido ascórbico e a reação de escurecimento do produto (HEREDIA; BARRERA; ANDRÉS, 2007; QUEIROZ et al., 2007).

Outro fator observado neste experimento foi relativo às amostras desidratadas com tratamento osmótico DACDO, que sofreram redução de 9,6% nos valores de L, enquanto que as amostras desidratadas, sem tratamento osmótico (DASDO), apresentaram redução de 32,2%. O tratamento osmótico impediu a degradação dos compostos, possibilitando a preservação da cor (ABREU et al., 2011; LATAPI; BARRETI, 2006).

Essa redução do parâmetro colorimétrico L foi observado por Silva et al. (2010) ao estudarem tomates cortados em quatro partes, desidratados com pré-tratamento osmótico e armazenados à temperatura ambiente por um período de 45 dias.

Souza et al. (2004) relataram, em experimento com banana desidratada, o efeito do tratamento osmótico na redução de L, sendo menor do que nas amostras desidratadas sem o tratamento osmótico, durante o armazenamento.

A cromaticidade, que representa a saturação da coloração, apresentou pequeno declínio durante o armazenamento. Na Tabela 21, foi registrada maior estabilidade na saturação, para os minitomates submetidos ao pré-tratamento osmótico DACDO e LCDO, apresentando diferença significativa ($p < 0,05$) somente a partir do 90º dia de armazenamento. Já as amostras sem o tratamento osmótico apresentaram diferença significativa com relação à cromaticidade, a partir do 30º (DASDO) e 60º (LSDO) dia de armazenamento.

Tabela 21- Parâmetros colorimétricos Croma de minitomates *Sweet Grape* após desidratação adiabática e liofilização

Tratamentos	Período de armazenamento (dias)				
	1	30	60	90	120
DASDO	36,29±0,71Ab	34,98±1,88Bb	33,80±0,91BCb	33,04±1,19Cb	32,64±0,76Cb
DACDO	41,28±0,56Aa	41,33±1,13Aa	40,61±0,61Aa	38,92±1,55Ba	37,09±1,12Ca
LSDO	29,05±1,44Ad	27,89±0,90ABd	26,73±0,60Bd	25,56±1,18BCd	24,47±1,48Cd
LCDO	30,37±1,18Ac	29,65±0,80ABc	30,18±0,58Ac	28,66±0,75BCc	28,32±1,38Cc

Nota: Valores médios; Desvio padrão. DASDO= Desidratação adiabática sem pré-tratamento osmótico, DACDO= Desidratação adiabática com pré-tratamento osmótico, LSDO= Liofilização sem tratamento osmótico, LCDO= Liofilização com tratamento osmótico. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

A escala do croma varia de zero, que representa mistura de todas as cores, região difusa, caracterizada pelos tons de cinza, até 60, que remete a cor pura (MINOLTA, 1998). Quanto maior a cromaticidade, maior será a intensidade e pureza da cor (MC GUIRRE, 1992).

Em trabalho apresentado por Marques (2008) ficou evidente a redução da cromaticidade de goiaba e mamão papaia, após serem submetidos ao processo de liofilização, em função da degradação dos carotenoides.

Alessi et al. (2013) relataram maior perda da cromaticidade em minitomates desidratados e armazenados por 90 dias.

Abreu et al. (2011) constataram diferença na estabilidade da coloração entre a parte interna e externa de tomates cortados longitudinalmente e desidratados, os autores relataram que a coloração apresentou-se mais estável na parte externa, provavelmente devido à ação protetora da película contra agentes promotores da oxidação e degradação da cor.

Diferentemente dos outros parâmetros de cor, o ângulo de cor *Hue* apresentou acréscimo gradativo com o tempo de armazenamento (Tabela 22). O ângulo de cor *Hue* indica a variação entre as cores na escala de 0° a 360°, sendo que 0° corresponde ao vermelho, 90° ao amarelo, 180° a cor verde e 270° ao azul (MINOLTA, 1998).

Tabela 22- Parâmetros colorimétricos ângulo de cor *Hue* de minitomates *Sweet Grape* após desidratação adiabática e liofilização

Tratamentos	Período de armazenamento (dias)				
	1	30	60	90	120
DASDO	36,83±1,28Db	37,18±0,94CDb	38,74±1,01BCc	40,19±0,84Bc	42,03±1,01Ac
DACDO	33,86±1,04Bc	33,61±0,89Bc	34,71±0,55ABd	35,12±1,00ABd	35,65±0,92Ad
LSDO	61,33±2,13Ca	61,92±3,48Ca	64,89±0,64Ba	66,30±1,07Ba	69,78±1,79Aa
LCDO	60,69±1,23Ba	61,03±1,18Ba	61,99±2,05Bb	62,17±0,99Bd	65,23±0,73Ab

Nota: Valores médios; Desvio padrão. DASDO= Desidratação adiabática sem pré-tratamento osmótico, DACDO= Desidratação adiabática com pré-tratamento osmótico, LSDO= Liofilização sem pré-tratamento osmótico, LCDO= Liofilização com pré-tratamento osmótico. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

Observou-se um aumento significativo do ângulo de cor *Hue* nas amostras desidratadas sem pré-tratamento osmótico DASDO, representando uma taxa total de 14%. As amostras do tratamento com desidratação osmótica DACDO apresentaram comportamento diferente, permanecendo praticamente estáveis durante o período de armazenamento, com pequeno acréscimo de 5%, demonstrando que o tratamento osmótico preservou a cor vermelha e protegeu os minitomates da degradação do licopeno durante o armazenamento sob refrigeração

As amostras liofilizadas apresentaram ângulo de cor *Hue* mais elevado do que as desidratadas adiabaticamente, com aumento significativo durante o período de armazenamento, principalmente a parcela liofilizada sem pré-tratamento osmótico LSDO, totalizando um aumento de 13%. Já o tratamento liofilizado com desidratação osmótica prévia LCDO obteve aumento total de 7%. Esse ângulo de cor *Hue*, ao redor de 60-70° caracterizado por amostra alaranjada.

Em pesquisa apresentada por Marques (2008), foi possível verificar este incremento do ângulo de cor *Hue*, a partir de frutas liofilizadas, pois em função do longo tempo do processo de liofilização, mesmo em temperaturas mais baixas, promoveram a degradação dos pigmentos, tendendo para o tom de laranja e amarelo.

Latapi e Barreti (2006) relataram redução variada no ângulo de cor *Hue*, de tomates desidratados ao sol, com diferentes tratamentos osmóticos após 90 dias de armazenamento, em função dos diferentes tratamentos aplicados.

Este mesmo comportamento foi apresentado por Georgé et al. (2011) ao realizarem estudo com liofilização de tomate em pó e concentração de purê de tomate.

5.4.2 Análises microbiológicas dos minitomates desidratados em secador adiabático e liofilizados

Os resultados das análises microbiológicas, tanto para os produtos desidratados, quanto para os produtos liofilizados, em todos os períodos de armazenamento, não apresentaram presença de coliformes a 45°C, *Salmonella* spp., estafilococos coagulase positiva, psicrotróficos, bolores e leveduras, atestando a segurança dos produtos e atendendo aos padrões microbiológicos estabelecidos pela legislação vigente RDC nº 12 da ANVISA (BRASIL, 2001).

5.4.3 Análise sensorial dos minitomates desidratados em secador adiabático e liofilizados

Dos 100 provadores 55% do sexo feminino e 45% do sexo masculino, com faixa etária de 18 a 30 anos (54%), 31 a 40 anos (29%), 41 a 50 anos (14%) e acima de 51 anos (3%).

Com relação à aparência (Tabela 23) em função dos períodos de armazenamento, até o 60º dia, não houve diferença estatística em nível de 5% de significância, entre todos os tratamentos. Esta diferença foi perceptível apenas no período de 120 dias de armazenamento.

Tabela 23- Atributos aparência e cor de minitomates *Sweet Grape* desidratados e liofilizados, em 3 períodos de armazenamento

Período (dias)						
Tratamentos	1		60		120	
Aparência						
DASDO	6,38	±1,04Ab	5,59	±1,13Ab	2,98	±1,18Bb
DACDO	7,84	±1,16Aa	7,80	±1,02Aa	5,67	±1,02Ba
LSDO	5,18	±1,05Ac	5,15	±1,67Ab	3,14	±1,03Bb
LCDO	5,21	±1,07Ac	5,19	±1,04Ab	3,46	±1,10Bb
Cor						
DASDO	6,15	±1,13Ab	4,89	±1,19Bb	2,29	±0,87Cb
DACDO	8,09	±1,02Aa	7,91	±0,96Aa	5,41	±1,04Ba
LSDO	4,47	±1,25Ac	4,04	±1,35Ab	2,86	±1,12Bb
LCDO	4,81	±1,16Ac	4,23	±1,12Ab	3,05	±1,06Bb

Legenda: Valores médios; Desvio padrão. DASDO= Desidratação adiabática sem pré-tratamento osmótico, DACDO= Desidratação adiabática com pré-tratamento osmótico, LSDO= Liofilização sem tratamento osmótico, LCDO= Liofilização com tratamento osmótico. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

Para este mesmo atributo, observou-se que, as amostras do tratamento desidratado com pré-tratamento osmótico DACDO, foram as que obtiveram melhor aceitação pela equipe de provadores, em todos os períodos analisados e diferiram, significativamente, dos demais tratamentos ao nível de 5% de significância. Os demais tratamentos não apresentaram diferença de aceitação até o 60º dia de armazenamento, mas diferiram aos 120 dias (Tabela 23).

Camargo (2005), ao analisar sensorialmente tomates cortados ao meio, desidratados, submetidos ao pré-tratamento osmótico, obteve valores médios de 6,13 para o atributo aparência, um pouco menores do que os observados neste experimento, em função da diferença da variedade do tomate avaliado.

Em experimento relatados por Silva et al. (2010), com tomate desidratado cortado em quartos e submetidos a diferentes pré-tratamentos osmóticos, obtiveram notas de aparência entre 6,6 e 6,7.

Para o atributo cor, os resultados obtiveram o mesmo comportamento da aparência; as amostras de minitomates desidratados com pré-tratamento osmótico

receberam as melhores notas e concomitantemente, maior aceitação durante todo o período de armazenamento (Tabela 23).

No que se refere à estabilidade da coloração, o tratamento DACDO apresentou-se estável até 60 dias, com redução significativa, observada somente aos 120 dias de armazenamento. No entanto, o tratamento DASDO, pelo fato das amostras não terem sido submetidas ao pré-tratamento osmótico, demonstrou redução significativa nas notas, com 60 e 120 dias de armazenamento.

As amostras liofilizadas apresentaram notas reduzidas quanto à cor inicial, com média de 4,81 (desgostei ligeiramente) para LCDO e 4,47 (desgostei ligeiramente) para o tratamento LSDO, caracterizadas pela degradação da coloração promovida pelo processo de liofilização. Essas amostras não apresentaram diferença significativa entre si, durante o período de armazenamento, com perda gradativa e proporcional entre os dois tratamentos.

Santos (2008) relatou notas semelhantes dos provadores para os atributos de aparência e cor, em estudo de tomates desidratados com e sem tratamento osmótico. Alessi et al. (2013) ao analisarem sensorialmente minitomates desidratados com pré-tratamento osmótico (sacarose e cloreto de sódio), obtiveram 5,80 para o atributo cor, valor inferior aos encontrados nesse experimento, possivelmente devido às diferentes soluções osmóticas aplicadas, temperatura de desidratação e sazonalidade da matéria prima.

Outros autores também verificaram a ocorrência de notas inferiores, Camargo (2005) 7,49 e Silva et al. (2010) 7,20, com relação à cor de tomates desidratados cortados ao meio e sem sementes, submetidos ao pré-tratamento osmótico.

Quanto ao aroma, as amostras do tratamento de desidratação com pré-tratamento osmótico DACDO foram as únicas que apresentaram maiores notas e diferiram significativamente ao nível de 5% de significância dos demais tratamentos. Os minitomates desidratados sem tratamento osmótico e liofilizados, com e sem tratamento osmótico, não apresentaram efeito significativo com relação ao aroma (Tabela 24).

Tabela 24- Atributos aroma e textura de minitomates *Sweet Grape* desidratados e liofilizados, em 3 períodos de armazenamento

Período (dias)						
Tratamentos	1		60		120	
Aroma						
DASDO	6,28	±1,24Ab	5,52	±1,2Ab	2,26	±1,13Bc
DACDO	7,92	±0,97Aa	7,62	±1,05Aa	4,84	±1,08Ba
LSDO	5,75	±1,01Ab	5,53	±1,00Ab	3,62	±1,16Bb
LCDO	5,84	±1,17Ab	5,64	±0,93Ab	3,41	±1,05Bb
Textura						
DASDO	6,69	±1,10Ab	6,24	±1,29Ab	2,46	±1,19Bb
DACDO	7,98	±0,92Aa	7,83	±0,85Aa	4,89	±1,21Ba
LSDO	6,51	±1,14Ab	6,05	±1,22Ab	2,12	±1,09Bb
LCDO	6,94	±0,87Ab	6,72	±1,02Ab	2,95	±1,30Bb

Legenda: Valores médios; Desvio padrão. DASDO= Desidratação adiabática sem pré-tratamento osmótico, DACDO= Desidratação adiabática com pré-tratamento osmótico, LSDO= Liofilização sem tratamento osmótico, LCDO= Liofilização com tratamento osmótico. DASDO= Desidratação adiabática sem pré-tratamento osmótico, DACDO= Desidratação adiabática com pré-tratamento osmótico, LSDO= Liofilização sem tratamento osmótico, LCDO= Liofilização com tratamento osmótico. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Durante o período de armazenamento (60 dias) o aroma dos diferentes tratamentos de minitomates não variou estatisticamente ao nível de 5% de significância, mas a variação ocorreu somente a partir dos 120 dias.

Com relação à degradação do aroma, foi perceptível pelos provadores, durante o armazenamento (120 dias) apresentou-se mais acentuada no tratamento com desidratação adiabática sem pré-tratamento osmótico, sendo um efeito significativo ($p < 0,05$) quando comparado aos demais tratamentos no mesmo período. As amostras liofilizadas diferiram entre si. Já o produto desidratado com pré-tratamento osmótico foi o que apresentou menor redução do aroma e diferiu estatisticamente dos demais tratamentos.

O atributo textura apresentou o mesmo comportamento que os demais atributos, com o tratamento de desidratação osmótica previamente à desidratação adiabática DACDO apresentando melhor aceitação, diferindo significativamente dos

demais tratamentos, os quais não diferiram estatisticamente entre si, ao nível de 5% de significância.

A textura das amostras de minitomates desidratados e liofilizados mantiveram-se constantes durante os 60 dias de armazenamento e somente apresentaram redução significativa no período de 120 dias.

Em relação ao sabor, os provadores atribuíram maiores notas para as amostras desidratadas com pré-tratamento osmótico, comparadas às demais. As amostras liofilizadas não diferenciaram entre si (Tabela 25).

Em trabalho apresentado por Silva et al. (2010) ao desidratarem tomates com pré-tratamento osmótico, obtiveram média 7,70 para o sabor, que foi reduzida para 7,5, após 45 dias de armazenamento.

Tabela 25- Atributos sabor e impressão global de minitomates *Sweet Grape* desidratados e liofilizados, em 3 períodos de armazenamento

Período (dias)						
Tratamentos	1		60		120	
Sabor						
DASDO	7,09	±0,98Ab	5,62	±1,36Bc	2,02	±1,23Cc
DACDO	8,46	±0,68Aa	8,14	±0,77Aa	4,99	±1,06Ba
LSDO	7,18	±0,83Ab	6,32	±0,94Ab	3,91	±1,01Bb
LCDO	7,43	±0,99Ab	6,82	±1,16Ab	4,36	±1,29Bab
Impressão Global						
DASDO	6,69	±1,03Ab	5,06	±1,27Bc	1,82	±1,15Cc
DACDO	8,30	±0,75Aa	7,58	±0,86Aa	5,79	±1,02Ba
LSDO	6,62	±0,78Ab	6,19	±0,95Abc	3,21	±1,00Bb
LCDO	7,11	±1,07Ab	6,43	±1,06Ab	3,78	±1,11Bb

Legenda: Valores médios; Desvio padrão. DASDO= Desidratação adiabática sem pré-tratamento osmótico, DACDO= Desidratação adiabática com pré-tratamento osmótico, LSDO= Liofilização sem pré-tratamento osmótico, LCDO= Liofilização com pré-tratamento osmótico. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey em nível de 5%

A estabilidade do sabor em função do tempo de armazenamento teve aceitação até os 60 dias, tanto para os tratamentos desidratados com pré-tratamento osmótico, quanto para os liofilizados. Contudo, as amostras que não sofreram pré-

tratamento osmótico (DASDO) tiveram uma redução significativa nas notas a partir de 60 dias.

O efeito do tratamento osmótico em potencializar as características sensoriais de produtos desidratados também foi observado por Torregiani e Bertolo (2001), que abordaram a intensificação da qualidade sensorial e nutricional de frutas desidratadas, promovendo uma proposta de diversificação e diferenciação de produtos com propriedades funcionais.

Analogamente aos atributos anteriores, a impressão global de minitomates desidratados e liofilizados sem e com o pré-tratamento osmótico registrou melhor aceitação para o tratamento DACDO, apresentando média de 8,3 (gostei muito) na primeira amostragem, diferindo significativamente ao nível de 5% de significância, dos demais tratamentos. Os demais tratamentos LCDO e DASDO não apresentaram diferença significativa em relação à impressão global, com notas de 7,11 (gostei moderadamente) e 6,69 (gostei ligeiramente), respectivamente, e por último o LSDO com média 6,62 (gostei ligeiramente).

Valores menores foram encontrados por Camargo (2005) registrando nota 7,33 (gostei moderadamente) ao analisar sensorialmente tomates desidratados. Outros autores obtiveram notas ainda menores para o atributo impressão global em tomates desidratados e analisados sensorialmente, Santos (2008) relatou média 6,3 (gostei ligeiramente) e Alessi et al. (2013) obtiveram a mesma nota.

A impressão global em DASDO apresentou efeito significativo ($p < 0,05$) a partir do 60º dia, enquanto que os demais tratamentos somente na terceira amostragem, aos 120 dias. Demonstrando maior estabilidade das características sensoriais, devido ao tratamento osmótico e ao processo de liofilização que se constituem em produtos com menor umidade e atividade de água, retardando o processo de alteração e degradação dos constituintes.

Em estudo proposto por Moraes et al. (2012), ao compararem sensorialmente manga, abacaxi e acerola desidratadas e liofilizadas, foi concluído que as amostras desidratadas pelo método convencional, apresentaram melhor aceitação pelos provadores.

Para Souza et al. (2008) os atributos sensoriais analisados no teste afetivo são parâmetros imprescindíveis para a aceitação comercial de um produto.

Os provadores também inferiram quanto à atitude de intenção de compra, registrando suas impressões com relação aos produtos analisados em função dos

períodos de armazenamento. As respostas obtidas foram classificadas em atitude favorável, representada pelos provadores que expressaram as afirmações "certamente compraria" e "provavelmente compraria", em atitude indiferente, que contemplaram as afirmações "talvez compraria/ talvez não compraria" e finalmente em atitude desfavorável, para as afirmações "provavelmente não compraria" e "certamente não compraria", conforme (Tabela 26).

Tabela 26- Atitude de intenção de compra de minitomates *Sweet Grape* desidratados e liofilizados em diferentes períodos de armazenamento

Tratamentos	Período (dias)		
	1	60	120
Favorável			
DASDO	84	55	11
DACDO	96	78	66
LSDO	73	59	24
LCDO	78	63	57
Indiferente			
DASDO	15	38	62
DACDO	04	21	30
LSDO	25	37	67
LCDO	21	36	41
Desfavorável			
DASDO	01	07	27
DACDO	00	01	04
LSDO	02	04	09
LCDO	01	01	02

Nota: Valores em percentagem (%) da atitude de intenção de compra. DASDO= Desidratação adiabática sem pré-tratamento osmótico, DACDO= Desidratação adiabática com pré-tratamento osmótico, LSDO= Liofilização sem tratamento osmótico, LCDO= Liofilização com tratamento osmótico

No que se refere à atitude de intenção de compra no período 1, todos os tratamentos obtiveram elevado percentual de resultados favoráveis. O tratamento DACDO foi o que obteve maior percentual de compra (96%) - "certamente compraria" e "provavelmente compraria", seguido dos tratamentos DASDO, LCDO e LSDO que totalizaram 84, 78 e 73%, respectivamente de respostas. Constatou-se,

portanto, que as amostras desidratadas com pré-tratamento osmótico foram mais apreciadas pelos provadores, devido à concentração dos sólidos totais e à potencialização dos atributos sensoriais. Os produtos liofilizados, por apresentarem menor umidade, e o aspecto, coloração e textura, terem sido modificados pelo processamento receberam percentual reduzido de respostas inclusivas, provavelmente pelo fato do produto, não ser usualmente consumido pelos provadores.

No período de 60 dias de armazenamento, foi observada redução do percentual de atitude favorável e aumento progressivo na atitude indiferente para todos os tratamentos, expressando uma atitude de dúvida pelos provadores, que foram selecionadas como "talvez compraria/ talvez não compraria". Entretanto, a atitude desfavorável de "provavelmente não compraria" e "certamente não compraria" apresentou um aumento inexpressivo.

As alterações das características sensoriais durante o armazenamento dos minitomates desidratados e liofilizados foram mais expressivas aos 120 dias de armazenamento. Houve redução da intenção de compra referente à atitude favorável e uma elevada concentração na atitude indiferente para todos os tratamentos. Foi possível verificar que o tratamento mais apreciado pelos provadores (DACDO) teve redução de 66% da atitude favorável e aumento de 30% da atitude indiferente. No entanto, mais da metade dos provadores confirmaram que "certamente comprariam" e "provavelmente comprariam" (Tabela 26).

As mudanças de atitude foram mais acentuadas para os tratamentos que não foram submetidos ao pré-tratamento osmótico, tanto para produtos desidratados quanto liofilizados DSDO e LSD, caracterizados por redução 11 e 24% na atitude favorável, enquanto que na atitude indiferente houve um aumento para 62 e 67%, respectivamente. A atitude desfavorável foi mais evidente no tratamento DASDO com aumento para 29%, enquanto que o tratamento LSDO apresentou pequeno aumento para 9%. Para as amostras liofilizadas com pré-tratamento osmótico 57% dos provadores optaram pela atitude favorável e 41% pela atitude indiferente, sendo que a atitude desfavorável foi assinalada apenas por 2% dos provadores.

6 CONCLUSÕES

O tratamento osmótico composto por açúcar invertido (60°Brix), sacarose (15%) e NaCl (5%) a 25°C por 50 min foi o processo mais eficaz na preservação da estrutura física dos minitomates e o que apresentou menor incorporação de sólidos, maior perda de massa e menor atividade de água.

A desidratação adiabática que apresentou maior perda de massa no tratamento a 80°C/2h seguido de 70°C/11h, resultando em produtos com menor A_w , maior preservação do ácido ascórbico, licopeno e da coloração característica.

A aplicação do ácido ascórbico (750 mg L⁻¹), metabissulfito de sódio (50 mg L⁻¹) e ácido cítrico (3g L⁻¹) promoveu aumento da luminosidade, redução no escurecimento e fixação da cor vermelho intenso em função do efeito antioxidante nas amostras desidratadas em comparação com a amostra controle.

O tratamento osmótico promoveu maior estabilidade das amostras que foram submetidas a desidratação adiabática, durante o armazenamento.

Os produtos desidratados por desidratador adiabático tiveram melhor aceitação pelos provadores comparados aos liofilizados, em função da liofilização ter promovido intensa redução da umidade, perda da coloração e maior rigidez, características não habituais aos provadores.

A desidratação adiabática de minitomates *Sweet Grape* inteiros, previamente congelados, com pré-tratamento osmótico e aplicação de antioxidantes demonstrou ser uma proposta de disponibilização diversificada do produto

REFERÊNCIAS

ABREU, W.C. de; BARCELOS, M. de F.P.; SILVA, E.P. ; BOAS, E.V. de B.V. Physical and chemical characteristics and lycopene retention of dried tomatoes subjected to different pre treatments. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 70, n. 2, p. 168-174, 2011.

AGNELLI, M.E.; MARANI, C.M.; MASCHERONI, R.H. Modelling of heat and mass transfer during (osmo) dehydrofreezing of fruits. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v.69, n. 4, p.415-424, 2005.

AGUIAR, F.P.C.; ABRAHÃO, R.M.S.; ANJOS, V.D.A. Determinação da vida útil de tomate tipo cereja e "Sweet Grape". In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA 7., 2012, Jaguariúna. **Anais...** Jaguariúna: CIIC, 2012. p. 56-60.

ALESSI, E.S. **Tomate seco obtido por energia solar e convencional a partir de minitomates congelados**. 2010. 72p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

ALESSI, E.S.; do CARMO, L.F.; SILVA, P.P.M.; SPOTO, M.H.F. Processo produtivo de tomate seco obtido em secador solar e em estufa, a partir de minitomates congelados. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Ponta Grossa, v. 7, n. 2, p. 1049-1061, 2013.

ALMEIDA, M.E.M. de **Estudo de interações entre o emprego de compostos químicos com o tratamento térmico no controle da atividade enzimática da polifenoloxidase em frutas e hortaliças**. 1991. 105p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.

ALMEIDA-MURADIAN, L.B.; PENTEADO, M.D.V.C. Carotenoides. In:_____. **Vitaminas: aspectos nutricionais, bioquímicos, clínicos e analíticos**. São Paulo: Manole, 2003. cap.5, p. 196-211.

AL-SHAIBANI, A.M.H.; GREIG, J.K. Effects of storage and cultivar on some quality attributes of tomatoes. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Mount, v. 104, n. 6, p. 800-812, 1979.

ALVARENGA, M.A.R. **Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia**. Lavras: UFLA, 2004. 400p.

ALVES, S.M.; SILVEIRA, A.M. Estudo da secagem de tomates desidratados e não desidratados osmoticamente. **Revista Universidade Rural**, Seropédica, v. 21, n. 1, p. 21-30, 2002.

ANDERSON, C.; WARNER, C.R.; DANIELS, D.H.; PADGETT, K.L. Ion chromatographic determination of sulfites in foods. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, London, v. 69, n. 1, p. 14-19, 1986.

ARAÚJO, J.M.A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 5. ed. Viçosa, MG: UFV, 2011. 601p.

ARIAS, R.; LEE, T. C.; LOGENDRA, L.; JANES, H. Correlation of lycopene measured by HPLC with the L, a, b color reading of a hydroponic tomato and the relationship of maturity with color and lycopene content. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 48, n. 5, p. 1697–1702, 2000.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis**. 18th ed. Gaithersburg: AOAC International, 2005. 1165p.

AYROSA, A.M.I.B. **Estudo do perfil de textura da carne bovina cozida e liofilizada**. 1998. 153p. Tese (Doutorado em Ciências) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

AZAM, M.; HAQ, M.A.; HASNAIN, A. Osmotic dehydration of mango cubes: effect of novel gluten-based coating. **Drying Technology: An International Journal**, London, v. 31, n. 1, p. 120-127, 2013.

AZEREDO, H.M.C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. 195p.

AZOUBEL, P.M. **Estudo da cinética de desidratação por imersão e secagem do tomate cereja (*Lycopersicon esculentum var. cerasiforme*)**. 1999. 98p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

AZOUBEL, P.M.; MURR, F.E.X. Mass transfer kinetics of osmotic dehydration of cherry tomato. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 61, n. 3, p. 291-295, 2004.

AZUARA, E.; BERISTAIN, C.; GUTIÉRREZ, G.F. Osmotic dehydration of apples by immersion in concentrated sucrose/maltodextrin solutions. **Journal of Food Processing Preservation**, Malden, v. 26, n. 4, p. 295-306, 2002.

BAREH, G.F.; SHOUK, A.A.; KASSEM, S.M. Technological and biological effects of sodium met-bisulfite and ascorbic acid on solar dried sheeted tomato. **Researcher**, New York, v. 3, n. 3, p. 53-60, 2011.

BARONI, A.F. **Propriedades mecânicas, termodinâmicas e de estudo de tomate submetido à desidratação osmótica e secagem**. 2004. 226p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

BATALHA, M.O. **Gestão Agroindustrial**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2001. 245p.

BEHRENS, J.H.; SILVA, M.A.A.P.; WAKELING, I.N. Avaliação da aceitação de vinhos brancos varietais brasileiros através de testes sensoriais afetivos e técnica multivariada de mapa de preferência interno. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 214-220, 1999.

BERNARDI, S.; BODINI, R.B.; MARCATTI, B.; PETRUS, R.R.; FAVARO-TRINDADE, C.S. Quality and sensorial characteristics of osmotically dehydrated mango with syrups of inverted sugar and sucrose. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n.1, p. 40-43, 2009.

BERTHIER, L.J.; QUEIROZ, M.R. Desidratação osmótica de manga como pré-tratamento para secagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 8., 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas: ABEG, 1999. p. 87-92.

BIBLE, B.B.; SINGHA, S. Canopy position influences CIELAB coordinates of peach color. **Horticultural Science**, Miami, v. 28, n. 10, p. 992-993, 1993.

BOBBIO, F. BOBBIO, P. **Introdução à Química de Alimentos**. 3. ed. São Paulo: Varela, 1995. 151p.

BOLIN, H.R.; HUXSOLL, C.C.; JACKSON, R.; NIG, K. C. Effect of osmotic agents and concentration on fruit quality. **Journal of Food Science**, Westport, v. 48, n. 1, p. 202-205, 1983.

BRASIL Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001. Aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, de 10 de janeiro de 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 8, de 6 de março de 2013. Aprova o regulamento técnico sobre aprovação de uso de aditivos alimentares para produtos de frutas e vegetais e geleia de mocotó. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, de 21 de fevereiro de 2013.

BRAVERMAN, J. **Introducción a la bioquímica de los alimentos**. México: Omega, 1978. 355p.

CAMARGO, G.A. **Secagem de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) para conserva: estudo de parâmetros com base na qualidade final**. 2000. 72p.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

CAMARGO, G.A. **Novas tecnologias e pré-tratamento: tomate seco embalado a vácuo**. 2005. 175p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

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.

CAMARGO, G.A.; MORETTI, R.H.; LICCIARDO, R. O uso de açúcar líquido e sal para concentração osmótica do tomate seco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18., 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBCTA, 2002. p. 123- 127.

CAMARGO, L.F.; CORREIA, A.F.K. Estudo do efeito da variação na temperatura do processamento de tomate desidratado por secagem em estufa. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 20., 2012, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: UNIMEP, 2012. p. 89-92.

CARDOSO, W.S.; PINHEIRO, F.A.; PATELLI, T.; PEREZ, R.; RAMOS, A.M. Determinação da concentração de sulfito para a manutenção da qualidade da cor em maçã desidratada. **Revista Analytica**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 66-72, 2007.

CARVALHO, J.L.; PAGLIUCA, L.G. Tomate, um mercado que não para de crescer globalmente. **Brasil Hortifruti**, Piracicaba, v. 6, n. 58, p. 6-14, 2007.

CARVALHO, M.M; PALADINI, E. P. **Gestão da Qualidade: teoria e casos**. Rio de Janeiro: Campus, 2012. 430p.

CARVALHO, P.G. B.; MACHADO, C.M.M.; MORETTI, C.L.; FONSECA, M.E.N. Hortaliças como alimentos funcionais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 4, p. 147-152, 2006.

CARVALHO, P.R.N.; COLLINS, C.H.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Comparison of provitamin A. Determination by normal phase gravity-flow column chromatography and reversed phase high performance liquid chromatography. **Chromatography**, Wiesbaden, v. 33, n. 3, p. 133-37, 1992.

CHANG, C.H.; LIN, H.Y. CHANG, C.Y.; LIU, Y.C. Comparisons on the antioxidant properties of fresh, freeze-dried and hot-air-dried tomatoes. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 77, v. 3, p. 379-471, 2006.

CHEFTEL, J.C.; CHEFTEL, H. **Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1992. 399p.

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

COELHO, A.H.R. Qualidade pós-colheita de pêssegos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, n. 180, p. 31-39, 1994.

COLLARES, F.P.; KIECKBUSCH, T.G.; FINZER, J.R.D. Glass transition control of the detachment of food pastes dried over glass plates. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 61, n. 3, p. 261-267, 2004

CORREIA, A.F K. **Implementação de um sistema de qualidade para laboratórios de análise sensorial, baseado no sistema de boas práticas**. 2005, 95 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

COSTA, J.C.C.P.; MENDANHA, S.A.; SIQUEIRA, M.I.D.; OLIVEIRA, E.M. Análise de parâmetros tecnológicos do tomate de mesa *Sweet Grape*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE TOMATE INDUSTRIAL, 3., 2009, Goiânia. **Anais...** Goiânia: CCG, 2009, p. 48-57.

COVRE, L. **Desidratação osmótica de carambola**. 2013, 119p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetininga, 2013.

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

CUNHA, A.H.N. **Cultivo do tomate *Sweet Grape* em hidroponia com diferentes substratos utilizando água residuária**. 2012. 124p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2012.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O.R. **Fennema's Food Chemistry**. 4th ed. Boca Ration: CRC Press, 2007. 1160p.

DE LA CRUZ, A.G. **Desidratação osmótica e secagem de berinjela**. 1998.155p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

DEMIRAY, E.; TULEK, Y.; YILMAZ, Y. Degradation kinetics of lycopene, b-carotene and ascorbic acid in tomatoes during hot air drying. **Trends in Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 50, v. 1, p. 172-176, 2013.

DEWANTO, V.; WU, X. Z.; ADOM, K.K.; LIU, R.H. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 50, v. 10, p. 3010-3014, 2002.

DIONELLO, R.G.; BERBERT, P.A.; MOLINA, M.A.B.; PEREIRA, R.C.; VIANA, A. P.; CARLESSO, V.O.; QUEIROZ, V.A. Desidratação por imersão-impregnação de abacaxi em soluções de sacarose e em xarope de açúcar invertido. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, n. 27, v. 4, p. 701-709, 2007.

DOWNES, F.P.; ITO, K. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. Washington, DC: American Public Health Association, 2001. 676p.

DUZZIONI, A.G. **Liofilização de tomates visando o teor de carotenoides totais**. 2005. 96p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Situação da produção de hortaliças no Brasil**. Rio de Janeiro, 2011. 78 p. Disponível em:<http://www.cnph.embrapa.br/paginas/hortalicasem_numeros/hortalicas_em_numeros.htm 2012>. Acesso em: 13 jul.2013.

FAGUNDES, A.F.; AYUB, R.A. Caracterização físico-química de caquis cv. Fuyu submetidos à aplicação de agentes inibidores de escurecimento e armazenados a 0°C. **Acta Science Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 3, p. 403-408, 2005.

FELLOWS, P.J. **Tecnologia do processamento de alimentos: Princípios e Práticas**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602p.

FENNEMA, O. **Química de los alimentos**. 2. ed. Zaragoza: Acribia, 1993. 1051p.

FERRANDO, M.; SPIESS, W.E L. Cellular response of plant tissue during the osmotic treatment with sucrose, maltose, and trehalose solutions. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 49, n. 2-3, p.115-127, 2001.

FERRARI, C.C.; ARBALLO, J.R.; MASCHERONI, R.H.; HUBINGER, M.D. Modelling of mass transfer and texture evaluation during osmotic dehydration of melon under vacuum. **International Journal of Food Science & Technology**, Oxford, v. 46, n. 2, p. 436-443, 2011.

FERRARI, C.C.; RODRIGUES, L.K.; TONON, R.V.; HUBINGER, M.D. Cinética de transferência de massa de melão desidratado osmoticamente em soluções de sacarose e maltose. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 564-570, 2005.

FERREIRA, M.M.M.; FERREIRA, G.B.; FONTES, P.C.R.; DANTAS, J.P. Qualidade do tomate em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas estações. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 2, p. 141-145, 2006.

FERREIRA, S.M.R.; FREITAS, R.J.S. ; LAZZARI, E.N. Padrão de identidade e qualidade do tomate (*Lycopersiconesculentum* Mill.) de mesa. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 329-335, 2004.

FERREIRA, V.L.P.; ALMEIDA, T.C.A.; PETTINELLI, M.L.C.V.; SILVA, M.A.A.; CHAVES, J.B.P.; BARBOSA, E.M.M. **Análise sensorial**: testes discriminativos e afetivos. Campinas: ITAL/SBCTA, 2000. 12 p.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo Manual de Olericultura**: Agrotecnologia Moderna na Produção e Comercialização de Hortaliças. Viçosa: UFV, 2008. 425p.

FISCHER, R.L.; BENNET, A.B. Rolle of cell wall hydrolases in fruit ripening. **Annual Review Physiology Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 42, n. p. 675-703, 1991.

FNP CONSULTORIA & AGROINFORMATIVOS. Tomate. In:_____. **Agrianual 2013**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2013. p. 514- 522.

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. Tomate. In:_____. **Agrianual 2002**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2002. p. 421- 429.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Statistical Yearbook**: World food and agriculture. Roma, 2013. 221p.

FRIEDMAN, M. Tomato glycoalkaloids: role in the plant and in the diet. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 50, n. 21, p. 5751-5780, 2002.

GABAS, A.L.; TELIS-ROMERO, J.; MENEGALLI, F.C. Cinética de degradação do ácido ascórbico em ameixas liofilizadas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, n. 23, supl. 0, p. 66-70, 2003.

GARCIA-MARTINEZ, E.; MARTINEZ-MONZO, J.; CAMACHO, M.M.; MARTINEZ-NAVARRETE, N. Characterization of reused osmotic solution as ingredient in new product formulation. **Food Research International**, Barking, v. 35, n. 3, p. 307-313, 2002.

GARCIA-MUÑOZ, A.F.; RIAÑO-LUNA, C.E. Influencia de algunas variables sobre le proceso de deshidratación osmótica de mango, banano e aguacate. **Cenicafé**, Colombia, v. 48, n. 2, p. 109-119, 1997.

GAVA, J.P. **Princípios de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Nobel, 2006. 511p.

GEANKOPLIS, C.J. **Transport processes and separation process principles**. Englewood Cliffs: PLC, 2003. 221p.

GEORGÉ, S.; FRANCK, T.; GAUTIER, H.; GOUPY, P.; ROCK, E.; CARIS-VEYRAT, C. Changes in the contents of carotenoids, pheolic compounds and vitamin C during technical processing and lyophilisation of red and yellow tomatoes. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 124, n. 4, p. 1603-1611, 2011.

GERMANO, M.I.S. **Treinamento de manipuladores de alimentos**. São Paulo: Varela, 2003. 165p.

GIOVANNUCCI, E.; RIMM, E.B.; LIU, Y.; STAMPFER, M.J.; WILLETT, W.C.A prospective study of tomato products, lycopene and prostate cancer risk. **Journal of the National Cancer Institute**, Oxford, v. 94, n. 5, p. 391-398, 2002.

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.

GUIMARÃES, M.A.; SILVA, D.J.H.; FONTES, P.C.R.; MATTEDI, A.P. Produtividade e sabor dos frutos de tomate do grupo salada em função de podas. **Biociência Jornal**, Uberlândia, v. 24, n. 1, p. 32-38, 2008.

GUSMÃO, S.A.L.; PÁDUA, J.G.; GUSMÃO, M.T.A. de; BRAZ, L.T. Efeito da cobertura do solo com filme de polietileno e da densidade de plantio, na produção de tomateiro tipo cereja. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 18, p. 571-572, 2000.

HADLEY, C.W.; MILLER, E.C.; SCHWARTZ, S.J.; CLINTON, S.K. Tomatoes, lycopene, and prostate cancer: progress and promise. **Experimental Biology and Medicine**, London, v. 227, n.10, p. 869-880, 2002.

HANSSON, A.; ANDERSSON, J.; LEUFVÉN, A. The effects of sugars and pectin on flavour release from a soft drink-related model system. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 72, n. 3, p. 363-368, 2001.

HENZ, G.P.; MORETTI, C.L. Manejo pós-colheita. **Cultivar Hortaliças e Frutas**, Pelotas, v. 5, n. 30, p. 25-28, 2005.

HEREDIA, A.; BARRERA, C.; ANDRÉS, A. Drying of cherry tomato by a combination of different dehydration techniques. Comparison of kinetics and other related properties. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 80, n. 1, p. 111-118, 2007.

HEREDIA, A.; PEINADO, I.; ROSA, E.; ANDRÉS, A. Effect of osmotic pre-treatment and microwave heating on lycopene degradation and isomerization in cherry tomato. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 123, n. 1, p. 92-98, 2010.

HOLCMAN, E. **Microclima e produção de tomate tipo cereja em ambientes protegidos com diferentes coberturas plásticas**. 2009. 127p. Dissertação

(Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

IGARASHI, L. **Estudo do pré-tratamento osmótico de tomate e seu efeito na secagem**. 1999.101p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola**: Pesquisa Mensal de Previsão e Acompanhamento das Safras Agrícolas no Ano Civil. Produção Agrícola Municipal. Rio de Janeiro, v. 27 n. 01 p.1-85, 2014.

JANGAM, S.V.; THORAT, B.N. Optimization of spray drying of ginger extract. **Drying Technology**, London, v. 28, n. 28, p.1426-1434, 2010.

JUNQUEIRA, A.H.; PEETZ, M.S.; ONODA, S.M. **Sweet Grape um modelo de inovação na gestão da cadeia de produção e distribuição de hortaliças diferenciadas no Brasil**. São Paulo: Central de Cases, 2011. 19p. Disponível em: <<http://www.organicnet.com.br/wp-content/uploads/sweetgrape.pdf>>. Acesso em: 13 ago 2013.

KADER, A.A.; MORRIS, L.L.; STEVENS, M.A.; ALBRIGHT-HOLTON, M. Composition and flavor quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest handling procedures. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Virginia, v. 113, n. 5, p. 742-745, 1978.

KOWALSKA, H.; LENART, A. Mass exchange during osmotic pretreatment of vegetables. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 49, n. p. 137-140, 2001.

KROKIDA, M.K.; MAROULIS, Z.B.; SARAVACOS, G.D. The effect of method of drying on colour of dehydrated product. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 36, n. 1, p. 53-59, 2001.

LATAPI, G.; BARRET, D.M. Influence of pre-drying treatments on quality and safety of sun-dried tomatoes. Part II. Effects of storage on nutritional and sensory quality of sun-dried tomatoes pretreated with sulfur, sodium metabisulfite, or salt. **Journal of Food Science**, Westport, v. 71, n. 1, p. 32- 37, 2006.

LENART, A. Osmo-convective drying of fruits and vegetables: technology and application. **Drying Technology**, London, v. 14, n. 2, p. 391-413, 1996.

LENART, A.; PIOTROWSKI, D. Drying characteristics of osmotically dehydrated fruits coated with semipermeable edible films. **Drying Technology**, London, v. 19, n. 5, p. 849-877, 2001.

LENUCCI, M.; CADINU, D.; TAURINO, M.; PIRO, G.; DALESSANDRO, G. Antioxidant composition in cherry and high-pigment tomato cultivars. **Journal Agriculture Food and Chemistry**, Washington, v. 54, n. 7, p. 2606-2613, 2006.

LEWICKI, P.P.; VU-LE, H.; POMARANSKA-LAZUKA, W. Effect of pre-treatment on convective drying of tomatoes. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 54, n. 2, p. 141-146, 2002.

LIAPIS, A. I.; BRUTTINI, R. **Handbook of Industrial Drying**. 3rd ed. Boca Raton: CRC Press, 2006. 448 p.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in Enzymology**, London, v. 148, n. 22, p. 350-373, 1987.

LOWER, R.I.; THOMPSON, A.E. Sampling variation of acidity and solids in tomatoes. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Beltsville, v. 89, n. 3, p. 512-552, 1996.

LUCK, E.; JAGER, M. **Antimicrobial food additives**: characteristics, uses, effects. Berlin: Springer-Verlag, 1997. 260p.

MACHADO, R.M.D.; TOLEDO, M.C.F. Sulfitos em Alimentos. **Brazilian Journal Food Technology**, Campinas, v. 9, n. 4, p. 265-275, 2006.

MAEDA, M.; LORETO, R.L. Desidratação osmótica de bananas. **Semina Ciências Agrárias**, Londrina, v. 19, n. 1, p. 60-67, 1998.

MAEDA, R.N.; ANDRADE, J.S. Aproveitamento do camu-camu (*Myrciaria dubia*) para produção de bebida alcoólica fermentada. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 33, n. 3, p. 489-496, 2003.

MAESTRELLI, A.; SCALAZR, R.; LUPI, D.; BERTOLO, G.; TORREGGIANI, D. Partial removal of water before freezing: cultivar and pré-treatment as quality factors of frozen muskmelon (*Cucumis melo* var. *reticulatus* Naud). **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 49, n. 2, p. 255-260, 2001.

MARKOVIC, K.; HRUSKAR, M.; VAHCIC, N. Lycopene content of tomato products and their contribution to the lycopene intake of Croatians. **Nutrition Research**, Semenyih, v. 26, n. 11, p. 556-560, 2006.

MARQUES, L.G. **Liofilização de frutas tropicais**. 2008. 293p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos , 2008.

MARTIM, N.S.P.P.; WASZCZYNSKYJ, N.; MASSON, M.L. Cálculo das variáveis na desidratação osmótica de manga cv. Tommy Atkins. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1755-1759, 2007.

MARTINEZ, V.Y.; NIETO, A.B.; CASTRO, M.A.; SALVATORI, D.; ALZAMORA, S. M. Viscoelastic characteristics of Granny Smith apple during glucose osmotic dehydration. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 83, n. 3, p. 394-403, 2007.

MATOS, E.S.; SHIRAHIGE, F.H.; MELO P.C.T. Desempenho de híbridos de tomate de crescimento indeterminado em função de sistemas de condução de plantas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 240-245, 2012.

MCGUIRE, R.G. Reporting of objective colour measurements **Horticultural Science**, Miami, v. 27, n. 12, p. 1254-1255, 1992.

MEILGAARD, M.C.; CIVILLE, G.V.; CARR, B.T. **Sensory evaluation techniques**. 4th ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 2006. 464p.

MELO, P.C.T.; VILELA, N.J. Desempenho da cadeia agroindustrial brasileira do tomate na década de 90. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 154-160, 2004.

MELONI, P.L.S. **Desidratação de frutas e hortaliças**. Fortaleza: Instituto Frutal, 2003. 87p.

MERCADANTE, A.Z. **Estudo de carotenoides por espectrometria de massas e cromatografia líquida de alta eficiência**. 1994. 115p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade de Campinas, Campinas, 1994.

MINOLTA CORP. **Precise color communication: color** control from feeling to instrumentation. Ramsey: Minolta Corporation Instrument Systems Division, 1998. 49p.

MORAES, L.R.V.; AZEVEDO, L.C.; SANTOS, V.M.L.; LEITÃO, T.J.V. Estudo comparativo de desidratação de frutas para fins de infusão, por método tradicional e liofilização. **Revista Semi-Árido de Visu**, Petrolina, v. 2, n. 2, p. 254-264, 2012.

MOTTA, R.V. Avaliação da qualidade físico-química e aceitabilidade de passas de pêssego submetidas à desidratação osmótica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 789-794, 2005.

MOURA-ANDRADE, G.C.R.; OETTERER, M.; TORNISIELO, V.L. O tomate como alimento – cadeia produtiva e resíduos de agrotóxicos. Pesticida: **Revista Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 20, n. 1, p. 57-66, 2010.

MURATORE, G.; RIZZO, V.; LICCIARDELLO, F.; MACCARONE, E. Partial dehydration of cherry tomato at different temperature, and nutritional quality of the products. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 111, n. 4, p. 887-891, 2008.

NACHTIGALL, A.M.; FONSECA, A.S.; MACHADO, M.R.G.; VENDRUSCOLO, C. T.; GULARTE, M.A. Desenvolvimento de tomate desidratado em conserva. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 17., 2000, Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza; SBCTA, 2000. Resumo 358.

NASCIMENTO, A.R.; SOARES JÚNIOR, M.S.; CALIARI, M.; FERNANDES, P.M.; RODRIGUES, J.P.M.; CARVALHO, W.T. Qualidade de tomates de mesa cultivados em sistema orgânico e convencional no estado de Goiás. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 4, p. 628-635, 2013.

OCHOA-MARTINEZ, C.I.; QUINTERO, P.T.; AYALA, A.A.; ORTIZ, M.J. Drying characteristics of mango slices using the refractance Window technique. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 109, n. 1, p. 69–75, 2012.

OKADA, M.; VITALI, A.A.; TEIXEIRA NETO, R.O.; CARVALHO, R.; JARDIM, D.C. P. Fundamentos sobre a secagem de sólidos. In_____. **Desidratação de frutas e Hortalças - Manual Técnico**. Campinas: ITAL, 1997. cap. 3, p. 12-20.

OLIVEIRA, G.S. **Aplicação do processo de liofilização na obtenção de cajá em pó: avaliação das características físicas, físico-químicas e higroscópicas**. 2012. 83p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

OLIVEIRA, V.S. de; AFONSO, M.R.A.; COSTA, J.M.C. Caracterização físico-química e comportamento higroscópico de sapoti liofilizado. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 2, p. 342-348, 2011.

ORDONEZ-PEREDA, J. A. **Tecnologia de alimentos**. Porto Alegre: Artmed, 2005. 294p.

ORLANDIN, A.; FONTANA, R.C.; SANDRI, I.G. Estudo de pré-tratamentos na desidratação de tomate cereja (*Lycopersicon esculentum* var. cerasiforme). **Brasilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 13, n. 3, p. 226-231, 2010.

PARRY, R.T. **Envasado de los alimentos en atmosfera modificada**. Madrid: Vicente, 1995. 331p.

PASCHOALIM, S.A.C. **Contribuição ao estudo da hidrólise enzimática da sacarose por células de *Saccharomyces cerevisiae***. 1990. 67p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.

PASSOS, R. **Extração e caracterização química de carotenoides provenientes de biomassas de interesse para a agricultura**. 2007.136p. Tese (Doutorado em Ciência) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

PEIRÓ-MENA, R.; DIAS, V.M.C.; CAMACHO, M.M.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. Micronutrient flow to the osmotic solution during grapefruit osmotic dehydration. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 74, n. 2, p. 299-307, 2006.

PEIRÓ-MENA, R.; CAMACHO, M.M.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. Compositional and physicochemical changes associated to successive osmodehydration cycles of pineapple (*Ananas comosus*). **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 79, n. 3, p. 842-849, 2007.

PEREIRA, S. **Processamento de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), cv. debora cultivados de forma tradicional e orgânica, para obtenção de extrato**. 2007. 96p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia dos Alimentos) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

PODADERA, P. **Estudo das propriedades do açúcar líquido invertido processado com radiação gama e feixe de elétrons**. 2007. 124p. Tese (Doutorado em Ciência) - Instituto de Pesquisa Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

QUEIROZ, V.A.V. **Qualidade de goiaba (*Psidium guajava* L.) submetida aos processos de desidratação por imersão-impregnação e secagem por convecção**. 2006. 164p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes, RJ, 2006.

QUEIROZ, V.A.V.; BERBERT, P.A.; BERBERT-MOLINA, M.A.; GRAVINA, G.A.; QUEIROZ, L.R.; DELIZA, R. Desidratação por imersão-impregnação e secagem por convecção de goiaba. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, São Paulo, v. 42, n. 10, p. 1479-1486, 2007.

QUEIROZ, V.A.V.; BERBERT, P.A.; BERBERT-MOLINA, M.A.; GRAVINA, G.A.; QUEIROZ, L.R.; SILVA, J.A. Qualidade nutricional de goiabas submetidas aos processos de desidratação por imersão-impregnação e secagem complementar por convecção. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 329-340, 2008.

RAMOS, A.M.; QUITERO, A.C.F.; FARAONI, A.S.; SOARES, N.F.F.; PEREIRA, J.A.M. Efeito do tipo d embalagem e do tempo de armazenamento nas qualidade físico-químicas e microbiológicas de abacaxi desidratado. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19. n. 3. p. 256-269, 2008.

RANGANNA, S. **Manual of analysis of fruit and vegetable products**. New Delhi: Mc Graw-Hill, 1977. 634p.

RAOULT-WACK, A.L. Recent advances in the osmotic dehydration of foods. **Trends in Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 5, n. 8, p. 255-260, 1994.

RAUPP, D.S.; GABRIEL, L.S.; VEZZARO, A.F.; DAROS, P.A.; CHRESTANI, F.; GARDINGO, J.R.; BORSATO, A.V. Tomate longa vida desidratado em diferentes temperaturas de secagem. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 1, p. 33-39, 2007.

RAUPP, D.S.; GARDINGO, J.R.; SCHEBESKI, L.S.; AMADEU, C.A.; BORSATO, A.V. Processamento de tomate seco de diferentes cultivares. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 39, n. 2, p. 415-422, 2009.

RAOULT-WACK, A.L. Recent advances in the osmotic dehydration of foods. **Trends in Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 5, n. 8, p. 255-260, 1994.

RESENDE, J.M.; CHITARRA, M.I.F.; MALUF, W.R.; CHITARRA, A.B.; SAGGIN JUNIOR, J. Atividade de enzimas pectinametilesterase e poligalacturonase durante o amadurecimento de tomates do grupo multilocular. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 198-209, 2004.

RIZZOLLO, A.; GERLI, F.; PRINZIVALLI, C.; BURATTI, S.; TORREGGIANI, D. Headspace volatile compounds during osmotic dehydration of strawberries: Influence of osmotic solution composition and processing time. **Trends in Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 40, n. 3, p. 529-535, 2007.

RODRIGUES, M.V.N.; RODRIGUES, R.A.F.; SERRA, G.E.; ANDRIETTA, S.R.; FRANCO, T.T. Produção de xarope de açúcar invertido obtido por hidrólise heterogênea através de planejamento experimental. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 103-109, 2000.

RODRIGUES, R.C. **Aproveitamento de xarope residual da desidratação osmótica de abacaxi para o cultivo de *Bacillus thuringiensis* var. *Israelensis***. 2009. 126p. Dissertação (Mestrado em Ciência) - Universidade Estadual do Norte Fluminense "Darcy Ribeiro", Campos dos Goytacazes, 2009.

RODRIGUES, S.; FERNANDES, F.A.N. Image analysis of osmotically dehydrated fruits: melons dehydration in a ternary system. **European Food Research and Technology**, v. 225, n. 5, p. 685-691, 2007.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. **A guide to carotenoids analysis in foods**. Washington, DC: International Life Sciences Institute Press, 2001. 64p.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B.; KIMURA, M. **Handbook for carotenoids analysis**. Washington, DC: HarvestPlus, 2004. 58p. (HarvestPlus Technical Monograph, 2).

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFÁN, J. **Tabela Brasileiras de Composição de Carotenoides em Alimentos:** Fontes brasileiras de carotenoides. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Floresta, 2008. 100p.

ROMERO-PEÑA, L.M. **Estudo de pré-tratamentos para obtenção de tomate desidratado em fatias.** Campinas, 1999.129p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

ROMERO-PEÑA, L.M.; KIECKBUSCH, T.G. Uso de perfurações e diferentes níveis de temperatura do ar para a obtenção de tomate desidratado em fatias. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 5, n. 2, p. 237-244, 2002.

ROMERO-PEÑA, L.M.; KIECKBUSCH, T.G. Influencia de condições de secagem na qualidade de fatias de tomate. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 6, n. 1, p. 69-76, 2003.

ROOS, Y. Characterization of food polymers using state diagrams. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 24, n. 3, p. 339-360, 1995.

ROSA, C.L.S.; SOARES, A.G.; FREITAS, DG.C.; ROCHA, M.C.; FERREIRA, J. C.S.; GODOY, R.L.O. Caracterização físico-química, nutricional e instrumental de quatro acessos de tomate italiano (*Lycopersicum esculentum Mill*) do tipo 'Heirloom' produzido sob manejo orgânico para elaboração de polpa concentrada. **Revista Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 22, n. 4, p. 649-656, 2011.

SACCHETTI, G.; GIANOTTI, A.; DALLA ROSA, M. Sucrose-salt combined effects on mass transfer kinetics and product acceptability. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 49, n. 2, p. 163-173, 2001.

SANINO, A.; CORTEZ, L.A.B.; MEDEIROS, B.T. Vida de prateleira do tomate (*Lycopersicum esculentum*), variedade "Débora", submetido a diferentes condições de resfriamento.. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL DA ABH, 4., 2002, Campinas. **Anais eletrônicos...** Campinas: ABH, 2002. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022002000200068&lng=en&nrm=abn>. Acesso em: 28 set. 2013.

SANTOS, E.M. **Secagem de tomates inteiros submetidos a descascamento químico.** 2008. 83p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Universidade Estadual de São Paulo, São José do Rio Preto, 2008.

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

SAPERS, G.M.; PHILLIPS, J.G.; PANASIUK, O.; CARRÉ, J.; STONER, A.K.; BARKSDALE, T. Factors affecting the acidity of tomatoes. **Horticultural Science**, Mount Vernon, v.13, n. 2, p. 187-189, 1978.

SENTANIN, M.A.; AMAYA, D.B.R. Teores de carotenoides em mamão e pêssgo determinados por cromatografia líquida de alta eficiência. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 13-19, 2007.

SERENO, A.M.; HUBINGER, M.D.; COMESAÑA, J.F.; CORREA, A. Prediction of water activity of osmotic solutions. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 49, n. 2, p.103-114, 2001.

SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. 454p.

SHI, J.; LE MAGUER, M.; WANG, S.; LIPATY, A. Application of osmotic treatment in tomato processing: effect of skin treatments on mass transfer in osmotic dehydration of tomatoes. **Food Research International**, Barking, v. 30, n. 9, p. 669–674, 1997.

SIGRISTI, J.M.M. Perdas de pós-colheita de produtos hortifrutícolas. **Boletim Informativo do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 5, n. 2, p. 1-3, mai./ago. 1990.

SILVA, A.G. **Extração e estabilidade dos carotenoides obtidos de tomate processado (*Lycopersicon esculentum* Mill)**. 2001. 142p. Tese (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2001.

SILVA, J.B.C.; GIORDANO, L.B. **Tomate para processamento industrial**. Brasília, DF: Embrapa, 2000. 168p.

SILVA, M. L. C.; COSTA, R. S.; SANTANA, A. S. Compostos fenólicos, carotenoides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 3, p. 669-682, 2010.

SILVA, V.K.L; PINHEIRO, E.S.; DOMINGUES, M.A.F.; AQUINO, A.C.; FIGUEIREDO, E.A; COSTA, J.M.C.; CONSTANT, P.B.L. Efeito da pressão osmótica no processamento e avaliação da vida de prateleira de tomate seco. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 55-66, 2010.

SINGH, B.; KUMAR, A.; GUPTA, A. K. Study of mass transfer kinetics and effective diffusivity during osmotic dehydration of carrot cubes. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 79, n. 2, p. 471-480, 2007.

SOARES, E.C.; OLIVEIRA, G.S.F.; MAIA, G.A. Desidratação de polpa de acerola pelo processo de foam-mat. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, n. 21, v. 2, p.164-170, 2001.

SOLOMONS, G.; FRYHLE, C. **Química Orgânica**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC., 2000. 628p.

SOUZA, A.S.D.; BORGES, S.V.; MAGALHÃES, N.F.; RICARDO, H.V. AZEVEDO, A.D. Spray-dried tomato powder: reconstitution properties and colour. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 51, n. 4, p. 807-8017, 2008.

SOUZA, J.S.; MAGALHÃES, M.M.A.; MEDEIROS, M.F.D.; ALSINA, O.L.S.; OLIVEIRA, E.L. Study of the drying of tomatoes in slices after osmotic pre-treatment. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON ENGINEERING AND FOOD, 9., 2004, Montpellier, France. **Anais eletrônicos...** Montpellier, France: IFEF 2004. Disponível em: <<http://www.icef9.com/index.html>>. Acesso em: 12 mai, 2013.

SOUZA-NETO, M.A.; MAIA, G.A.; LIMA, J.R.; FIGUEIREDO, R.W.; SOUZA-FILHO, M.S.M.; LIMA, A.S. Cinética de desidratação osmótica de manga. **Ciências Exatas e da Terra**, Ponta Grossa, v. 10, n. 2, p. 37-44, 2004.

SRA, S.K.; SANDHU, K.S.; AHLUWALIA, P. Effect of processing parameters on physico-chemical and culinary quality of dried carrot slices. **Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 48, n. 2, p.159-166, 2011.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **SAS/QC software**: usage and reference (version 9.2). Cary, NC 2005. 1CDROM.

TONON, R.V. **Influencia das variáveis de processo sobre a cinética de desidratação osmótica de tomate em soluções ternárias de cloreto de sódio e sacarose**. Campinas, 2005. 125p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

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, 2006.

TONUCCI, L. H.; HOLDEN, J.M.; BEECHER, G.R.; KHACHIK, F.; DAVIS, C.S.; MULOKOZI, G. Carotenoid content of thermally processed tomato-based food products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 43, n. 3, p. 579–586, 1995.

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.

TORREGGIANI, D. Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. **Food Research International**, Barking, v. 26, n. 1, p. 59-68, 1993.

TORREGGIANI, D.; BERTOLO, G. Osmotic pre-treatments in fruit processing: Chemical, physical and structural effects. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 49, n. 4, p. 247-256, 2001.

TRAVAGLINI, D.A.; GASPARINO FILHO, J.; AGUIRRE, J.M. Equipamentos de secagem. In _____. **Desidratação de frutas e hortaliças**. Campinas: ITAL, 2002. cap. 3, p. 45- 53.

TREGUNNO, N.B; GOFF, H.D. Osmodehydrofreezing of apples: structural and textural effects. **Food Research International**, Barking, v. 29, n. 2, p. 471-479, 1996.

UDDIN, M.S.; HAWLADER, M.N.A.; ZHOU, L. Kinetics of ascorbic acid degradation in dried Kiwifruits during storage. **Drying Technology**, London, v. 19, n. 2, p. 437-446, 2001.

VASCONCELOS, M.A.S.; MELO FILHO, A.B. **Conservação de Alimentos**. Recife: EDUFRAPE, 2010. 130p.

VIEIRA, A.P.; NICOLETI, J.F.; TELIS, V.R.N. Liofilização de fatias de abacaxi: avaliação da cinética de secagem e da qualidade do produto. **Brazilian Journal Food Technology**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 50-58, 2012.

VIEIRA, D.A.P; CARDOSO, K.C.R; DOURADO, K.K.F; CALIARI, M; SOARES, M. Qualidade física e química de minitomates *Sweet Grape* produzidos em cultivo orgânico e convencional. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 9, n. 3, p. 100-108, 2014.

WEDZICHA, B.L. Chemistry of sulphiting agents in food. **Food Additives and Contaminants**, New York, v. 9, n. 5, p. 449-459, 1992.

WIENDL, T.A. **Efeitos de baixas doses de radiação gama do Co-60 (Radio-hormesis) em sementes de tomate**. 2010. 71p. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Pesquisa Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

WILBERG, V.C. **Quantificação de provitaminas A e carotenoides majoritários em frutos e hortaliças por cromatografia líquida de alta eficiência**. 1991. 135p. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) -Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1991.

YONEYA, F. Hortaliça em versão “mini” dá boa renda. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 23 de Junho de 2010. Folha Ciência, p.15.

ZANONI, B.; PERI, C.; NANI, R.; LAVELLI, V. Oxidative heat damage of tomato halves as affected by drying. **Food Research International**, Barking, v. 31, n. 5, p. 395-401, 1999.

ZHAO, Y.; TU, K.; TU, S.; LIU, M.; SU, J.; HOU, Y.P. A combination of heat treatment and *pichiaguilliermondii* prevents cherry tomato spoilage by fungi. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v.137, n.1, p.106-110, 2010.

ZHANG, C.H.; HUANG, L.X.; WANG, C.P.; MUJUMDAR, A.S. Experimental and numerical investigation of spray drying parameters on the dried powder properties of *Ginkgobiloba* seeds. **Drying Technology**, London, v. 28, n. 3, p. 380-388, 2010.

ANEXOS

ANEXO A- Parecer do comitê de ética na pesquisa

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
PARECER DO CEP — ESALQ/USP

Comunicamos que o Protocolo de Pesquisa referente ao **Projeto nº 115**

Título do Projeto de Pesquisa: "Variáveis relacionadas ao processamento de minitomates (Sweet grape) submetidos à solução osmótica e desidratados em secador convectivo adiabático e liofilizador".

Pesquisador Orientador/Orientado: Prof^ª Dr^ª Marta Fillet Spoto/Ângela de Fátima Kanesaki Correia

Apresentado a este Comitê para análise ética, segundo a Resolução CNS 196/96, do Conselho Nacional de Saúde, de 10/10/96, em reunião realizada em 11/06/2007, foi considerado:

- ☒ [x] Aprovado.
- ☐ [] Com pendência, devendo o pesquisador responder aos questionamentos do CEP no máximo 60 dias após a data da emissão deste parecer. O protocolo retornará à reunião do comitê.
- ☐ [] Reprovado.

Piracicaba, 20 de março de 2013

Prof. Dr. Ernani Porto
Coordenador do CEP/ESALQ/USP

Projeto: "Variáveis relacionadas ao processamento de minitomates (sweet grape) submetidos à solução osmótica e desidratados em secador adiabático e liofilização".

Integrantes: Profa. Dra. Maria Fillet Spoto e Ms. Angela de Fátima Kanesaki Correia CEP: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

Área de Conhecimento: Tecnologia de Alimentos

1. **Projeto:** O tomate é a segunda hortaliça cultivada no mundo, produzindo o Brasil cerca de 3,7 milhões de toneladas, destes 63% são *in natura* e 37% processados. Calcula-se que da produção de frutas e hortaliça, cerca de 30 a 40% são desperdiçados e não chegam ao consumidor. Sendo o tomate um produto bastante perecível, seu processamento é uma alternativa para a sua conservação e entre as tecnologias existentes, a desidratação é uma delas. O projeto pesquisará a desidratação dos tomates por *desidratação osmótica* com 4 tratamentos: **T1** imersão em soluções de sacarose 15% + NaCl 5%, **T2**: açúcar invertido 70° Brix + NaCl 5%; **T3** açúcar invertido 70° Brix + sacarose + NaCl 5%; **T4** açúcar invertido 60° Brix + sacarose 15% + NaCl 5% e **T5** açúcar invertido 70° Brix, sacarose 15% e NaCl 5%, por um período de 120 minutos. Na segunda etapa os tomates serão submetidos à *desidratação por convecção adiabática*, o qual consistirá em colocar o produto ao processo de secagem a 80° C/2h e depois em temperaturas de 50° C, 60° C, 70° C e 80° C até a redução da atividade de água a 25%. Após a desidratação os tomates serão imersos por 3 minutos em solução de ácido cítrico, ácido ascórbico e metabisulfito de sódio, a fim de reduzir o escurecimento. Os tomates serão armazenados sob diferentes temperaturas e serão feitas análises físico-químicas e microbiológicas: *Salmonella* e coliformes. Por fim, os tomates desidratados serão submetidos à análise sensorial por provadores humanos.
2. **Informação do Sujeito da Pesquisa:** Justifica o uso de grupos vulneráveis: alunos e funcionários da ESALQ, por estarem no ambiente do recrutamento e quanto à segurança do consumo dos provadores com as análises

microbiológicas e toxicológicas. Não há previsão de indenização e ressarcimento de gastos.

3. **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido:** está adequado, informa os propósitos da pesquisa e esclarece seu risco.
4. **Declaração dos Pesquisadores:** presente e adequado
5. **Declaração da Instituição** presente.
6. **Declaração de Infra-Estrutura e Autorização:** presente e adequado.
7. **Orçamento:** presente.
8. **Súmula Curricular dos Pesquisadores:** o currículo dos pesquisadores é compatível com o projeto de pesquisa.

Parecer: o projeto deve ser aprovado.

Prof. Dr. Ernani Porto

Relator.

ANEXO B- Parecer da Comissão de ética ambiental na pesquisa

COMISSÃO DE ÉTICA AMBIENTAL NA PESQUISA - ESALQ/USP

PARECER

Declaro que o protocolo de nº 119, relativo ao projeto "VARIÁVEIS RELACIONADAS AO PROCESSAMENTO DE MINI TOMATES INTEIROS DESIDRATADOS EM SECADOR CONVECTIVO ADIABÁTICO E LIOFILIZAÇÃO", sob a responsabilidade da Profa. Dra. Marta Helena Fillet Spoto está de acordo com os Princípios Éticos Ambientais adotados das leis e decretos complementares (Lei No 6.894, de dezembro de 1980, Medida Provisória no 2166-67 de agosto de 2001, Lei no 4.771 de 15 de setembro de 1965, Resolução CONAMA 1/86, de 23 de janeiro de 1986, NBR1004 de setembro 1987(ABNT) acrescida dos dispositivos e alterações, bem como os demais decretos e instruções normativas relativas aos assuntos ambientais pertinentes.

Piracicaba, 04 de abril de 2013.

Prof. Dr. Claudio Lima de Aguiar
Presidente – CEAP
ESALQ/USP

Av. Pádua Dias 11, 13418-900, Piracicaba-SP. e-mail:CEAP@esalq.usp.br