

Processamento do tomate (*Lycopersicon esculentum*) seco com substituição do cloreto de sódio pelo cloreto de potássio: estudo da avaliação da desidratação osmótica seguida de secagem

George Wagner Nóbrega da Silva^[1], Bruno Alexandre de Araújo Sousa^[2] Edilene Vieira dos Santos^[3], Maiane Barbosa da Silva^[4], Karoline Oliveira Santos^[5], Maria do Socorro Oliveira^[6]

[1] georgewagners@gmail.com. [2] baas311@hotmail.com. [3] edylene_santos@hotmail.com. [4] maianesilvaifpb@gmail.com.

[5] karol.santos.1@hotmail.com. [6] maryhappyoliveira@hotmail.com. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Paraíba

RESUMO

Objetivou-se com este estudo avaliar o efeito da Desidratação Osmótica (DO), com substituição do cloreto de sódio (NaCl) pelo cloreto de potássio (KCl), seguida de secagem, no processamento do tomate seco. Foram coletados tomates da variedade italiana. Após a seleção, homogeneização e sanitização, foram retiradas amostras do tomate *in natura* para as análises físico-químicas. Em seguida, 13 (treze) soluções adicionadas de Sacarose, NaCl e KCl, em suas diferentes combinações, foram utilizadas na DO. Após isso, amostras dos 13 tratamentos foram colhidas para determinações físico-químicas e variáveis de Perdas de Peso (PP) e Perda de Água (PA). Posteriormente, todos os tratamentos foram submetidos à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 60°C por 17 horas. Finalizada a secagem, os tratamentos que apresentaram umidade final de até 25% foram selecionados para análises dos parâmetros físico-químicos. Todas as análises seguiram as normas técnicas estabelecidas pelo Instituto Adolfo Lutz. Os resultados do fruto *in natura* apresentaram valores de 95,68% de umidade; 0,28 ATT expressa em ácido cítrico; pH de 3,84 e 4,75°Brix. Após a DO dos 13 tratamentos, os tomates apresentaram variações de 90,76 a 95,19% de umidade; 0,24 a 0,36 ATT expressa em ácido cítrico; pH de 3,46 a 4,28 e 4 a 7,1 °Brix. Quanto às massas iniciais e finais da DO, constata-se que os percentuais de perda de água e peso apresentam valores significativos nos tratamentos T6, T8 e T12. A substituição parcial ou total do NaCl por KCl, nas quantidades de 5 e 10% estudadas no processo osmótico, demonstram eficiência quanto à redução do tempo de secagem para se obter a umidade desejada, quando comparados aos tratamentos em que não há introdução do KCl. A utilização do KCl, como substituto parcial ou total do NaCl, na desidratação osmótica do tomate, se mostra, portanto, eficiente na secagem.

Palavras-chave: Perda de Água. Secagem. Redução de Sódio. Saúde.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the osmotic dehydration (OD), with the substitution of sodium chloride (NaCl) by potassium chloride (KCl), followed by the drying, in dry tomato processing. Italian -tomatoes were collected. After the selection, homogenization and sanitization, samples were taken from the tomato in natura for the physical-chemical analysis. Then, 13 (thirteen) solutions of Sucrose, NaCl and KCl in their different combinations were used in OD. After that, samples of the 13 treatments were collected for physico-chemical determinations and variables of weight loss (PP) and water loss (PA). Subsequently, all treatments were submitted to oven drying with forced air circulation at 60 ° C for 17 hours. After the drying, the treatments that presented final moisture of not more than 25% were selected for analysis of the physicochemical parameters. All the analyzes followed the technical norms established by the Adolfo Lutz Institute. The results of the in natura fruit presented values of 95.68% of humidity; 0.28 ATT expressed as citric acid; 3.84 pH and 4.75 ° Brix. After the DO of the 13 treatments, the tomatoes showed variations of 90.76 to 95.19% of humidity; 0.24 to 0.36 ATT expressed as citric acid; 3.46 to 4.28 pH and 4 to 7.1 of Brix. As for the initial and final OD mass, it has been verified that the percentages of water loss and weight present significant values in T6, T8 and T12 treatments. Partial or total substitution of NaCl by KCl in the amounts of 5 and 10% studied in the osmotic process demonstrates efficiency in the reduction of the drying time to obtain the desired moisture when compared to the treatments in which there is no introduction of KCl. Therefore, the use of KCl as a partial or total substitute for NaCl in the osmotic dehydration of tomato is considered efficient in drying.

Keywords: Water loss., Dryin., Sodium reduction.

1 Introdução

Na cadeia de produtos agrícolas, a cultura do tomate se destaca pela expansão econômica, tanto no cenário nacional quanto no internacional, representando o segundo produto hortícola mais consumido mundialmente, superado apenas pela batata. A sua importância também se dá pela versatilidade e disponibilidade durante o ano todo. (SHIRAHIGE *et al.*, 2010).

Sob o aspecto nutricional, o tomate e seus produtos são boas fontes de compostos antioxidantes, de vitaminas (vitamina C, tiamina e outras) e sais minerais (potássio, magnésio e outros), apresentando em sua composição um baixo teor calórico, o que auxilia na contribuição e estabelecimento de uma dieta saudável. A riqueza de seus nutrientes depende, no entanto, de fatores, tais como: maturação, cultivo, condições climáticas, condições de cultivo, processamento e armazenamento (BRAMLEY, 2000).

A alta perecibilidade do tomate é um dos maiores problemas enfrentados para a sua comercialização *in natura*, por ser uma hortícola climatérica, seu processo de senescência é bastante acelerado, assim como também as condições de manipulação desde a pós-colheita, transporte e armazenamento podem influenciar para que o fruto *in natura* possua, aproximadamente, uma semana de vida útil (SANINO *et al.*, 2003).

Para que se tenha um prolongamento dessa vida útil, é necessária a aplicação de métodos de conservação, como, por exemplo, a desidratação – que é definida como sendo a remoção de umidade contida no interior do produto, diminuindo sua massa total e atividade de água (FELLOWS, 1994). Na secagem dos vegetais, tem-se utilizado muito a desidratação osmótica como pré-tratamento, pois minimiza as alterações físicas e químicas do produto, sem prejudicar sua integridade. Além do mais, reduz o tempo de exposição ao calor, agrega valor ao produto, preserva a estabilidade dos pigmentos e melhora a qualidade do produto final (CORRÊA *et al.*, 2008; MOTA, 2005). Neste processo osmótico, a escolha do soluto é um fator relevante, por estar relacionado com as alterações nas propriedades organolépticas e no valor nutricional do produto final, sem esquecer-se de enfatizar os custos envolvidos (LENART, 1996; QI, LE MAGUER, SHARMA, 1998). Entre os diversos solutos utilizados na desidratação osmótica, o cloreto de sódio (NaCl) é um excelente agente osmótico,

até mesmo quando combinado com a sacarose, por apresentar uma alta capacidade de redução da atividade de água, contribuindo para com que a força motriz da reação de saída de água do produto seja maior (COLLIGNAN; RAOULT-WACK, 1994).

Por outro lado, há normalmente a entrada de soluto ao produto, especialmente quando se utiliza NaCl, decorrente de seu baixo peso molecular, tornando seu uso limitado a algumas frutas e vegetais, devido ao sabor salgado residual (TONON; BARONI; HUBINGER, 2006).

Em contrapartida, nos últimos anos, as iniciativas voltadas para reduzir o consumo de sódio se destacam entre as ações de prevenção e controle das doenças crônicas diretamente associadas à alimentação (CAMPBELL; NEAL; MACGREGOR, 2011).

Neste sentido, a redução da quantidade de sódio nos alimentos industrializados, por meio de reformulações, acompanha a tendência atual da preocupação dos consumidores com a saúde alimentar, sobretudo pela maior conscientização em adquirir alimentos mais saudáveis, principalmente quando se há relação entre alimentação e doenças (SPOTO; MIGUEL, 2006).

Diante disso, o objetivo principal foi avaliar a desidratação osmótica, com substituição do NaCl pelo KCl, seguida de secagem, no processamento do tomate seco.

2 Materiais e métodos

O processo experimental foi realizado no Laboratório de Processamento de Frutas e Hortaliças do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – Campus Sousa – Unidade São Gonçalo. Para realização deste trabalho, foram utilizados tomates da variedade Italiana, adquiridos no comércio de Aparecida-PB.

As soluções osmóticas foram preparadas com água destilada adicionada de quantidades estabelecidas de sacarose, cloreto de sódio e cloreto de potássio, como também em suas diferentes combinações, conforme Tabela 2. Utilizando sempre a proporção de 1/4 tomate: solução osmótica.

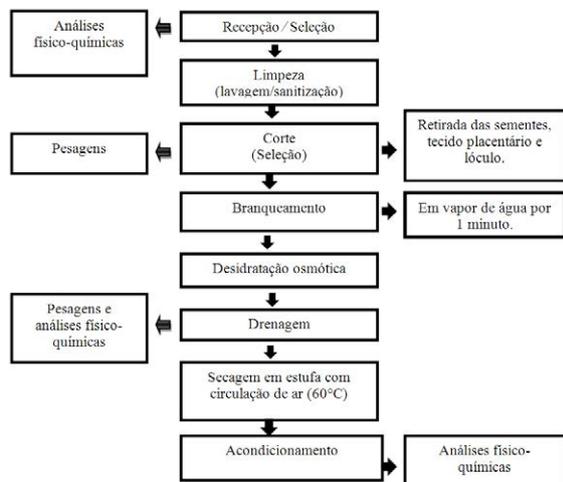
A Tabela 1 descreve experimentalmente o processamento do tomate desidratado com pré-tratamento osmótico.

Tabela 1 – Matriz de planejamento do percentual dos agentes osmóticos

Tratamentos	Sacarose	NaCl	KCl
T1	5%	-	-
T2	10%	-	-
T3	-	5%	-
T4	-	10%	-
T5	-	-	5%
T6	-	-	10%
T7	-	2,5%	2,5%
T8	-	5%	5%
T9	2,5%	5%	-
T10	2,5%	10%	-
T11	2,5%	-	5%
T12	2,5%	-	10%
T13	2,5%	2,5%	2,5%

Fonte: Elaborada pelo autor

Fluxograma 1 – Processamento do tomate desidratado com pré-tratamento osmótico



Fonte: Elaborada pelo autor

Os tomates foram recepcionados no Laboratório de Processamento de Frutas e Hortaliças do IFPB – Campus Sousa e, posteriormente, foi realizada a etapa de seleção, buscando-se uniformidade em coloração, ausência de danos físicos, tamanho, textura firme e grau de maturação padronizado, seguindo todas as

exigências para que não apresentasse nenhum tomate com injúrias físicas e manchas no processamento. Em seguida, foram retiradas amostras para as determinações físico-químicas, conforme item 4.4.2.

Posteriormente, os tomates selecionados foram submetidos a procedimentos de higienização em água corrente e sanitizados com solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm por 20 minutos, sendo realizado o enxague com água corrente.

Os tomates destinados ao processo de desidratação foram cortados ao meio, no sentido longitudinal, com o auxílio de facas de aço inoxidável, manualmente, para a retirada das sementes, tecido placentário e lóculos. Em seguida, foi realizado um branqueamento a vapor de água, por 1 minuto, imediatamente resfriados em água gelada.

2.1 Desidratação osmótica

Para o processo de desidratação osmótica, foram pesados 500 gramas de tomates em pedaços e colocados em béqueres de 2500 mL, contendo a solução osmótica de 2000 mL, correspondente a proporção de 1/4 fruto – solução osmótica, com um tempo de imersão de 3 horas em temperatura ambiente, com as porcentagens de agentes osmóticos, conforme Tabela 1.

A imersão dos frutos em solução osmótica foi realizada, conforme Figura 2.

Figura 2 – Tomates durante o processo de desidratação osmótica para os 13 tratamentos



Fonte: Elaborada pelo autor

Após a desidratação osmótica, as amostras foram enxaguadas com água destilada, drenadas manualmente e colocadas em papel absorvente para retirar o excesso da solução, sendo pesadas as quantidades após desidratação osmótica. Em seguida, foram retiradas amostras dos 13 tratamentos para as determinações de perda de água, perda de peso e parâmetros físico-químicos.

2.2 Secagem

Os tomates em pedaços foram colocados em bandejas com uma tela perfurada na superfície, para que tivesse uma homogeneidade de contato com o ar, e colocados na estufa com circulação forçada de ar a 60°C, pelo período de 17h, conforme a Figura 3, que demonstra os tomates antes e após a secagem.

Figura 3 – Tomates antes e após o processo de secagem em estufa a 60°C



A – Início da secagem



B – Após a secagem

Fonte: Elaborada pelo autor

Os tomates secos foram acondicionados em embalagens plásticas e armazenados em câmara de congelamento, para posteriores determinações físico-químicas.

2.3 Condições Experimentais Estudadas Perdas de Peso (PP) e Água (PA)

Após a desidratação osmótica, amostras de tomates foram retiradas de cada tratamento para determinação do conteúdo de água, e, então, serem

analisadas quanto à perda de peso (PP) e água (PA), relacionada com a massa e a umidade iniciais do material, de acordo com as Equações unitárias de (1) e (2):

$$PP(\%) = \frac{(M_0 - M_t)}{M_0} * 100 \quad (1)$$

$$PA(\%) = \frac{(U_0 - M_0) - (U_t * M_t)}{M_0} \quad (2)$$

Fonte: Tonon et al., 2006.

Em que M é a massa da amostra (g), U é o teor de umidade da amostra em base úmida (%) e os índices 0 e t representam o processo no início e após as 3h de imersão, respectivamente.

2.4 Parâmetros físico-químicos do tomate *in natura*, após desidratação osmótica e secagem

Para os frutos *in natura*, após seleção e homogeneização do lote por coloração e estágio de maturação semelhantes, foi realizado o quarteamento nos tomates, para as determinações físico-químicas de umidade, pH, °Brix, cor e acidez, em três repetições, com análises em triplicata.

Depois da desidratação osmótica, foram realizadas as mesmas determinações analíticas para o fruto *in natura*, nos 13 tratamentos. Já para os tomates secos, foram selecionados apenas os tratamentos T3, T5, T8, T12 e T13, que atingiram uma umidade final de até 25%, após 17h de secagem, para então serem determinados seus parâmetros físico-químicos.

As determinações físico-químicas realizadas foram: umidade, acidez titulável expressa em ácido cítrico, pH, sólidos solúveis totais e determinação colorimétrica, seguindo as normas técnicas estabelecidas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

3 Análise estatística

Os resultados obtidos das análises físico-químicas foram analisados estatisticamente por Análise de Variância (Anova), utilizando um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC). As diferenças entre as médias ao nível de significância 5% foram detectadas pelo teste de Tukey, empregando o programa Assisat Versão beta 7.2.

4 Resultados e discussão

Os resultados das análises físico-químicas dos tomates *in natura* estão apresentados na Tabela 2.

4.1 Caracterização do fruto *in natura*

Tabela 2 – Parâmetros físico-químicos dos tomates *in natura*

Parâmetros	Resultados*
Umidade (%)	95,68 ± 0,17
ATT (expressa em ácido cítrico- %)	0,28 ± 0,01
pH	3,84 ± 0,09
°Brix	4,75 ± 0,04

*Médias seguidas de desvio padrão

Fonte: Dados da pesquisa

Conforme o parâmetro de umidade, o tomate apresenta elevada quantidade de água em sua composição, o que o torna um alimento altamente perecível, sendo necessário o uso de tecnologias adequadas para prolongar a sua vida de prateleira. Em estudo realizado por Sousa (2002), os tomates com pele e sem pele apresentaram valores médios de 93,5 a 94,8% de teor de água, bem próximos aos encontrados neste trabalho.

Para Pita (2012), o percentual de água em um alimento é considerado um dos índices mais avaliados, por refletir o teor de sólidos de um produto e sua perecibilidade, fator este que está relacionado com sua estabilidade no período de conservação.

A acidez total titulável expressa em ácido cítrico é um fator de controle que regula muitas reações químicas e microbiológicas e varia conforme a maturação do fruto. O fruto *in natura* avaliado obteve 0,28% de acidez, valor que está dentro da faixa do observado por Rosa *et al.* (2011), que encontraram valores entre 0,27 a 0,41 para acidez titulável expressa em ácido cítrico. Já Abreu (2010), em seu estudo sobre as características físicas e químicas de tomates, obteve valor de 0,38% no tomate *in natura*.

A acidez no tomate indica a quantidade de ácidos orgânicos presentes e a adstringência do produto, e varia conforme o grau de maturidade do fruto, sendo um parâmetro principal que influencia no sabor dos frutos (NASCIMENTO *et al.*, 2013).

Mediante os resultados de pH, o fruto *in natura* apresenta um valor de 3,84, sendo classificado como um alimento ácido, devido o pH está abaixo de 4 (MONTEIRO *et al.*, 2008).

Modolon *et al.* (2012) obtiveram uma variação no parâmetro de pH 3,97 a 4,08, como também afirmam que essa variação do pH está relacionada com as diferenças condições climáticas, tipo de fruto, grau de maturação, época de produção, tempo de colheita, injúrias e incidência de apodrecimento.

Vale ressaltar que os ácidos orgânicos podem influenciar no pH, pois encontram-se dissolvidos nos vacúolos das células, tanto na forma livre, como combinada, conseqüentemente, formando sais, ésteres e glicosídeos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O valor de sólidos solúveis totais encontrado está na faixa intermediária daqueles observados por Rosa *et al.* (2011), Otoni *et al.* (2012), Mattedi *et al.* (2011) e Heine, (2012), que obtiveram valores entre 3,66 a 5,33 para tomates *in natura*. Este parâmetro é responsável pelo sabor agradável dos frutos, e também pode ser influenciado por diversos fatores, tais como manejo da cultura, estágio de maturação na colheita, como também as características intrínsecas do próprio fruto (PAULA *et al.*, 2015).

Os sólidos solúveis totais (SST) em °Brix indica o índice de maturidade para alguns frutos e a quantidade de substâncias que se encontram dissolvidas no suco, constituído, na sua maioria, de açúcares (CHAVES *et al.*, 2004; GAVA, 1979).

4.2 Parâmetros físico-químicos dos tomates após a desidratação osmótica

Os resultados dos parâmetros físico-químicos dos tomates após a desidratação osmótica estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Parâmetros físico-químicos dos tomates após a desidratação osmótica

Parâmetros				
Tratamentos	Umidade	Acidez expressa AC	pH	°Brix
T1	92,91a ± 0,17	0,35ab ± 0,004	4,28a ± 0,20	4,86ef ± 0,04
T2	94,59a ± 0,19	0,32bc ± 0,01	3,83ab ± 0,04	5de ± 0,0
T3	95,19a ± 0,33	0,34bc ± 0,01	3,76ab ± 0,21	4g ± 0,0
T4	93,13a ± 0,95	0,39a ± 0,005	3,53b ± 0,14	7a ± 0,0
T5	94,25a ± 0,39	0,36ab ± 0,004	3,75ab ± 0,05	4,6f ± 0,0
T6	92,01a ± 0,009	0,35b ± 0,01	3,85ab ± 0,03	6,46b ± 0,04
T7	94,13a ± 0,52	0,28de ± 0,01	3,53b ± 0,04	4,76ef ± 0,04
T8	92,03a ± 0,50	0,30cd ± 0,008	3,61b ± 0,24	6,95a ± 0,09
T9	93,77a ± 0,28	0,29d ± 0,002	3,59b ± 0,32	5de ± 0,0
T10	94,91a ± 0,19	0,36ab ± 0,009	3,68ab ± 0,06	7,1a ± 0,14
T11	93,85a ± 0,58	0,24e ± 0,009	3,52b ± 0,02	5,1d ± 0,16
T12	90,76a ± 0,73	0,35b ± 0,008	3,61b ± 0,18	6,2b ± 0,08
T13	93,11a ± 0,19	0,28de ± 0,01	3,46b ± 0,29	5,53c ± 0,09

Fonte: Dados da pesquisa

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

Ao analisar a umidade dos tomates depois da desidratação osmótica, observam-se valores médios entre 90,76 a 95,19%, não havendo diferenças significativas ao nível de 5%.

Mesmo assim, foi constatado que há um maior efeito em destaque da DO no T12, possivelmente pela junção dos agentes osmóticos sacarose e a quantidade máxima estudada do cloreto de potássio, os quais podem ter facilitado a desintegração e o deslocamento da água do interior dos tecidos dos tomates para a solução.

Corrêia (2015), em estudo com as variáveis relacionadas ao processamento de mini tomates inteiros em secador convectivo adiabático e liofilizado, obteve uma umidade nos frutos, depois da DO por imersão em soluções osmóticas de sacarose, cloreto de sódio e açúcar invertido por 120 minutos, variação pós DO de umidade da ordem de 71,62 a 85,49% com temperatura de 25°C e 85,29 a 89,72 a temperatura de 45°C, partindo do tomate *in natura* com teor de umidade de 94,40%.

Alessi (2010), analisando o tomate seco obtido por energia solar e convencional a partir de mini tomates *sweet grape* congelados, utilizando NaCl e sa-

carose como agentes osmóticos, obteve valores percentuais de umidade de 80%/6h; 70%/10h; 60%/14h; e 50%/20h, em desidratador adiabático elétrico com temperatura de 60°C.

De acordo com os resultados encontrados para a acidez em ácido cítrico, 69,23% dos diferentes tratamentos apresentaram uma tendência de aumento, enquanto que praticamente 30,77% permaneceram semelhantes à condição do tomate *in natura*.

Ao analisar o efeito dos tratamentos osmóticos no parâmetro de pH, verifica-se que há uma tendência de queda nos seus valores, os quais naturalmente acompanham o aumento constatado para a acidez. Para os casos eventuais de aumento ou pouca variação no pH, pode ser justificado pela formação de solução tampão ou redução na acidez total titulável.

Elias *et al.* (2008) atribuíram em seu estudo que a queda do pH está relacionada à presença de grupos carboxílicos livres, gerados a partir da desmetoxilação da pectina proveniente da ação da pectina metilesterase, que está presente na parede celular dos vegetais.

Normalmente, a concentração de íons hidrogênio (pH) de um alimento é evidenciada pela influência que exerce sobre os tipos de microrganismos aptos à sua multiplicação e, portanto, sobre as alterações que logicamente deveriam produzir (GAVA, 1979).

Das 13 condições estudadas, os tratamentos T4, T6, T8, T10 e T12, apresentaram ganhos significativos de sólidos solúveis. Justus (2012) justifica que tal fato pode estar aliado ao movimento em contracorrente da solução osmótica/tecidos vegetais, de massa de água e soluto, mesmo que este se apresente em quantidades menores.

De acordo com Mercali *et al.* (2010), as baixas taxas de ganho de sólidos solúveis durante o processo osmótico, dependendo da aplicação do produto final, são desejáveis, pois altos níveis incorporados durante a DO podem provocar alterações sensoriais significativas, além de características organolépticas diferentes do fruto *in natura*.

4.3 Condições experimentais estudadas

4.3.1 Perda de Água (PA) e Perda de Peso (PP)

A Tabela 4 apresenta os resultados de Perda de Peso (PP), Perda de Água (PA) e umidade após 3h de imersão (UT), avaliados nos diferentes pré-tratamentos osmóticos.

Tabela 4 – Resultados das condições experimentais de PP e PA para cada condição de pré-tratamentos osmóticos

Tratamentos	PA (%)	PP (%)
T1	13,54	11,6
T2	12,18	11,72
T3	13,95	14,14
T4	22,89	21,85
T5	20,04	19,76
T6	33,03	31,92
T7	15,23	14,54
T8	31,25	30
T9	25,16	24,80
T10	22,56	22,97
T11	18,33	17,59
T12	30,71	28,43
T13	21,86	20,72

PA – Perda de Água; PP – Perda de Peso.

Fonte: Dados da pesquisa

Os modelos das variáveis de Perda de Água têm relação com a Perda de Peso, devido ao balanço de massa. Pode-se observar que à medida que ocorre o aumento da concentração dos sais KCl e NaCl nas soluções osmóticas, verifica-se uma maior PA.

Dos tratamentos analisados, houve uma perda de água na faixa de 12,18 a 33,03%. Os resultados demonstram que em relação à composição da solução, há uma tendência de maior PA e PP quando adicionados os sais NaCl e KCl como agentes osmóticos.

Os pedaços de tomates tratados com solução osmótica de sacarose apresentaram, de modo geral, um menor percentual de PA, provavelmente devido à formação de uma camada do dissacarídeo na película do produto, dificultando assim, a saída de água para a solução osmótica.

Resultados semelhantes foram obtidos por Tonon, Baroni, Hubinger (2006), que, em seus 17 tratamentos experimentais com desidratação osmótica, apresentaram valores médios para perda de água de 14,86 a 34,52%, quando utilizados sacarose e cloreto de sódio como agentes osmóticos.

Dos resultados encontrados nos tratamentos após a DO, pode-se observar que as PA e PP significativas ocorreram para os T6, T8 e T12, possivelmente pela maior concentração dos sais presentes nesses tratamentos.

Assim, a substituição parcial ou total do NaCl por KCl, nas quantidades superiores estudadas (10%) do processo osmótico, demonstra eficiência no aumento do percentual de perda de água, quando comparados aos tratamentos em que não há introdução do KCl, ou mesmo quando há quantidades menores que 10% dos sais estudados.

Vale ressaltar que esses sais possuem a característica de serem substâncias eletrolíticas, nas quais há uma dissociação dos íons na solução aquosa, contribuindo para um melhor desempenho do processo de DO (TONON, 2006).

Fernandes *et al.* (2008) ressaltam, também, que a perda de água nos frutos varia bastante, pois cada tipo de fruto forma canais microscópicos diferentes, que têm como objetivo facilitar a difusão da água, com isso esta abordagem influencia diretamente a variável de perda de água.

De acordo com Egea e Lobato (2014), quanto maior o tempo e a temperatura de imersão em solução osmótica, maior será a perda do percentual de

água durante o processo de DO. Ao passo que, Justus (2012) ressalta que uma boa condição de desidratação osmótica é aquela em que o agente osmótico favorece a maior perda de água do produto.

4.4 Parâmetros físico-químicos dos tomates secos

4.4.1 Umidade dos tomates após secagem por 17 horas

Os resultados dos percentuais de umidade dos tomates após a secagem em estufa por 17 horas estão apresentados na Tabela 6.

Após 17 horas de secagem, os tomates apresentaram valores de umidade que variaram de 15,91 a 69,49%.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 5, a adição dos sais, NaCl e KCl, independentemente de ser aliados ou não como agente osmótico, influenciou na retirada de água do produto com maior facilidade no processo de secagem. Ao passo que, nos tratamentos com sacarose, há uma perda bastante inferior, quando comparados aos demais.

Tabela 5 – Resultados de umidade dos tomates secos

Parâmetros	Umidade (%)
T1	69,49a ± 0,40
T2	61,31b ± 0,97
T3	20,41h, ± 0,30
T4	41,17d ± 0,47
T5	20,18h ± 0,63
T6	31,73e ± 0,74
T7	32,92e ± 0,82
T8	23,74g ± 0,82
T9	40,43d ± 0,36
T10	27,53f ± 0,72
T11	54,27c ± 0,49
T12	22,10h ± 0,62
T13	15,91i ± 0,43

Fonte: Dados da pesquisa

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

Como constatado na PA apresentada anteriormente, os tratamentos com adição de sal, seja NaCl ou KCl, em concentrações de 10%, também influenciaram para que ao longo de 17 horas de secagem houvesse a retirada desejada de água nos tomates.

Desta forma, pode-se verificar que apenas os tratamentos T3, T5, T8, T12 e T13, atenderam ao percentual de umidade prescrito pela legislação, para frutos secos e dessecados, que estabelece um valor máximo de 25%.

4.5 Parâmetros físico-químicos dos tomates secos para os tratamentos T3, T5, T8, T12 e T13

Os resultados das análises físico-químicas dos tomates secos nos tratamentos T3, T5, T8, T12 e T13, estão apresentados na Tabela 6 (na página seguinte).

Médias seguidas da mesma linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Dos tratamentos agora estudados, observa-se que, quando são utilizadas soluções quaternárias na DO, de sacarose, NaCl e KCl, há uma saída de água significativa, apresentando um valor médio de 15,91%. Conforme Bohuon *et al.* (1998) afirmam em seu estudo, a utilização de soluções quaternárias contribui para uma maior redução no teor de umidade. Ao passo que, há também uma boa retirada de água para os tratamentos com soluções binárias envolvendo concentrações de 5%, tanto para o NaCl como para o KCL, neste caso os T3 e T5.

Com relação à acidez do tomate seco, há uma variação de 0,81 a 1,96 e pH de 3,24 a 3,44. Quando comparados com o fruto *in natura*, que obteve uma acidez de 0,28 e pH de 3,84, e com os resultados depois da DO, verifica-se que houve um aumento na acidez expressa em ácido cítrico, com consequente redução de pH.

Segundo Venske *et al.* (2004), essas variações podem estar relacionadas às reações bioquímicas que ocorrem em função da concentração dos ácidos, devido à saída de água durante o processo de secagem.

A composição da solução osmótica também influenciou positivamente na concentração dos SST. Observa-se que à medida que foram utilizadas as maiores proporções de NaCl e KCl, houve um aumento no teor de SST. Por outro lado, o tratamento T5 apresenta baixo teor de SST, devido à baixa saída de água e, conseqüentemente, à baixa concentração dos sólidos solúveis totais.

Tabela 6 – Parâmetros físico-químicos dos tomates secos

Parâmetros	Tratamentos				
	T3	T5	T8	T12	T13
Umidade (%)	20,41b±0,30	20,18b ± 0,63	23,74a ± 0,82	22,10ab± 62	15,91c ± 0,43
ATT (em ácido cítrico %)	0,90d ± 0,02	0,81d ± 0,001	1,44b ± 0,06	1,25c ± 0,02	1,96a ± 0,02
pH	3,44a ± 0,16	3,4a ± 0,02	3,24a ± 0,01	3,33a ± 0,02	3,24a ± 0,01

Fonte: Dados da pesquisa

4.6 Análises colorimétricas

As médias da análise de cor dos tomates *in natura* e secos medidos na superfície externa são apresentados na Tabela 7.

Conforme a Tabela 7 em relação à luminosidade (L*), os tomates secos apresentaram valores que variaram de 35,05 a 44,34 nos frutos secos.

Os decréscimos de L* indicam que houve escurecimento do tomate seco. Zaroni *et al.*(1999) e Toor e Savage (2006) relatam que há decréscimos nos valores de L* após a desidratação dos tomates e sugerem que a melhor retenção da cor na secagem em tomate seria utilizar temperaturas mais baixas.

Vieira (2010) afirma que a redução dos valores de *L significa aumento na translucidez do tecido celular do tomate, conseqüentemente originada pela saída do gás ocluso nos poros do tecido vegetal, e posterior penetração da solução osmótica seguida de secagem.

Os valores de a* dos frutos secos variaram de 11,39 a 33,91. O tratamento T13 apresentou valor elevado quando comparado aos demais. Esse comportamento se deve à utilização de sacarose, NaCl e KCl, que pode ter influenciado significativamente na minimização da perda de coloração. Para os tratamentos T3, T5, T8 e T12, pode-se constatar que a desidratação osmótica e secagem do tomate italiano influenciaram na sua tonalidade, muito provavelmente pela perda de pigmentos no tecido vegetal.

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

Isto, conseqüentemente, acontece devido à caramelização que advém quando os compostos polidrox carbonilados, como: açúcares ou alguns ácidos são aquecidos a determinadas temperaturas elevadas, ocorrendo a desidratação dos açúcares presentes no vegetal, em reação com formação de aldeídos ativos (GAVA, 1979).

Os resultados obtidos de b* apresentaram valores entre 5,77 a 17,31. O T12 apresenta maior redução na cor, enquanto que no T3 há uma menor redução de cor comparada aos demais, após a secagem.

5 Conclusões

O tomate *in natura* apresenta uma alta perecibilidade, comprovada pela grande quantidade de água (95,68%) presente. Além disso, os valores encontrados para a ATT expressa em ácido cítrico e SST caracterizam este fruto como sendo de sabor agradável.

Quando relacionadas às massas iniciais e finais da DO, constata-se que os percentuais de perda de água e peso apresentam valores significativos nos tratamentos T6, T8, e T12, porém, após o processo de secagem durante 17 horas, apenas os tratamentos T3, T5, T8, T12 e T13 atingiram o percentual de umidade desejado.

Tabela 7 – Análises colorimétricas dos tomates *in natura* e secos

Parâmetros	Tomate <i>in natura</i>	Tratamentos				
		T3	T5	T8	T12	T13
L*	53,35a ± 0,18	43,49b ± 0,25	38,75c ± 0,47	35,49d ± 0,71	35,05d ± 0,70	44,34b ± 0,84
a*	50,27a ± 0,08	19,32c ± 0,46	17,49d ± 0,24	14,30e ± 0,45	11,39f ± 0,75	33,91b ± 0,53
b*	39,17a ± 0,64	17,31b ± 0,21	9,22d ± 0,48	6,74e ± 0,09	5,77e ± 0,20	15,10c ± 0,43

Fonte: Dados da pesquisa

Com o suporte das concentrações dos agentes osmóticos, quando são utilizadas soluções quartenárias na DO, de sacarose, NaCl e KCl, há uma saída de água significativa, apresentando um valor médio de 15,91%. A substituição parcial ou total do NaCl por KCl, de 5 e 10%, com ou sem sacarose, contudo, apresenta redução significativa do tempo de secagem no processamento do tomate seco, podendo ser uma alternativa eficiente tanto para reduzir o tempo de exposição do produto ao calor como para se produzir um alimento livre ou reduzido de sódio.

REFERÊNCIAS

- ABREU, W. C. **Características físicas, químicas e atividade antioxidante "In Vitro" de tomate submetido à desidratação.** 2010. 157 f. Tese (Doutorado em Bioquímica Nutricional) – Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, 2010.
- ALESSI, E. S. **Tomate seco obtido por energia solar e convencional a partir de mini tomates congelados.** 2010. 73f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)– Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.
- BOHUON, P. *et al.* Soaking process in ternary liquids: experimental study of mass transport under natural and forced convection. **Journal of Food Engineering**, v. 37, p. 451-469, 1998.
- BRAMLEY, P. M. Is lycopene beneficial to human health. **Phytochemistry Oxford**, v. 54, n. 2, p. 233-236, 2000.
- CAMPBELL, N. R.; NEAL, B. C.; MACGREGOR, G. A. Interested in developing a national programme to reduce dietary salt Hum Hypertens. **Journal of Human Hypertension**, v. 25, n. 12, p. 705-710, 2011.
- CHAVES, M. C. V. *et al.* Caracterização físico-química do suco da acerola. **Rev. Biol. Ciênc. Terr.**, v. 4, n. 2, 2004.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças - Fisiologia e Manuseio.** 2. ed. Lavras: UFLA, 2005, p. 785.
- COLLIGNAN, A.; RAOULT-WACK, A. L. Dewatering and salting of cod by immersion in concentrated sugar/salt solutions. **Food Science and Technology**, v. 27, n. 3, p. 259-264, 1994.
- CORRÊA, J. L. G. *et al.* Desidratação osmótica de tomate seguida de secagem. **Rev. Bras. Prod. Agroind.**, v. 10, n.1, p. 35-42, 2008.
- CORRÊA, A. F. K. **Variáveis relacionadas ao processamento de mini tomates inteiros desidratados em secador convectivo adiabático e liofilizados.** 2015. 151 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)–Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura, Piracicaba, 2015.
- PAULA, J. T. *et al.* Qualidade físico-química de genótipos de tomateiro colhidos em diferentes estádios de maturação. **Rev. Hortic. Bras.**, v. 33, n 4, 2015.
- EGEA, M. B.; LOBATO, L. P. A desidratação osmótica como pré-tratamento para frutas e hortaliças. **Rev. Inst. Adolfo Lutz.**, v. 73, n. 4, p. 316-324, São Paulo, 2014.
- ELIAS, N. F. *et al.* Avaliação nutricional e sensorial de caqui cvFuyu submetido à desidratação osmótica e secagem por convecção. **Rev. Tecnol. Aliment.**, v. 28, n. 2, p. 322-328, 2008.
- FERNANDES, F. A. N.; RODRIGUES, S. Effect of osmotic dehydration and ultrasound pre-treatment on cell structure: melon dehydration, **Food Science and Technology** v. 41 p. 604–610. 2008
- FELLOWS, P. 1994. **Tecnología del procesado de los alimentos: principios y prácticas.** Zaragoza: Editora Acribia, España. p.1, 21, 287-293. 1994.
- GAVA, A.J. **Princípios de tecnologia de alimentos.** 2. ed. Livraria Nobel S. A., 1979.
- HEINE, A. J. M. **Produção e qualidade do tomateiro híbrido lumi sob andesamento e condução de hastes.** 2012. 82 f. Dissertação (Mestrado em produção vegetal) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista/BA, 2012.
- JUSTUS, A. **Influência da aplicação de ondas de ultrassom na desidratação osmótica de tomates (*Lycopersicon esculentum*) cv. Carmem.** 2012. 118 f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras/MG, 2012.
- LENART, A. Osmo-convective, drying of fruits and vegetables: technology and application. **Drying Technology**, v. 14, p. 391-413, 1996.
- MATTEDI, A. P. *et al.* Qualidade dos frutos de genótipos de tomateiro do banco de germoplasma de hortaliças da Universidade Federal de Viçosa. **Rev. Ceres.**, v. 58, n. 4, p. 525-530, 2011.
- MERCALI, G. D. *et al.* Mass transfer kinetics during osmotic dehydration of bananas (*Musa sapientum*,

shum). **Internacional Journal of Food Science & Technology**, v. 45, n. 11, p. 2281-2289, 2010.

MODOLON TA. *et al.* Qualidade pós colheita de frutos de tomateiro submetidos a preparados em altas diluições. **Rev. Hort. Bras.**, v. 30, p. 58-63, 2012.

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

MOTA, R. V. Avaliação da qualidade físico-química e aceitabilidade de passas de pêssego submetidas à desidratação osmótica. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 25, n.1, p. 789-794, 2005.

NASCIMENTO, A. R. *et al.* Qualidade de tomates de mesa cultivados em sistema orgânico e convencional no estado de Goiás. **Rev. Hort. Bras.**, v. 31, n. 4, p. 628-635, 2013.

SOUZA, J. S. Estudo da desidratação de tomates (*Lycopersicon esculentum*) em pedaços com pré-tratamento osmótico. 2002. 105f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal- RN, 2002.

OTONI, B. S. *et al.* Produção de híbridos de tomateiro cultivados sob diferentes porcentagens de sombreamento. **Rev. Ceres.**, v. 59, n. 6, p. 816-825, 2012.

PAULA, J.T.; RESENDE, J. T.V.; FARIA, M.V.; FIGUEIREDO, A. S. T.; SCHWARZ, K.; NEUMANN, E. R.; Características físico-químicas e compostos bioativos em frutos de tomateiro colhidos em diferentes estádios de maturação. **Rev. Hortic. Bras.**, v. 33, n. 4, 2015

PITA, J. S. L. **Caracterização físico-química e nutricional da polpa e farinha da casca de maracujazeiros do maço e amarelo.** 2012. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos)–Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga/BA, 2012.

QI, H.; **LE MAGUER, M.;** **SHARMA, S. K.** Design and selection of processing conditions of a pilot scale contactor for continuous osmotic dehydration of carrots. **Journal of Food Processing and Engineering**, v. 21, p. 75-88, 1998.

TONON, R. V.; **BARONI, A. F.;** **HUBINGER, M. D.** Estudo da desidratação osmótica de tomate em soluções ternárias pela metodologia de superfície de resposta. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, p. 715-723, Campinas, 2006.

ROSA, C. L. S. *et al.* Caracterização físico-química, nutricional e instrumental de quatro acessos de tomate italiano (*Lycopersicon esculentum* Mill) do tipo 'Heirloom' produzido sob manejo orgânico para elaboração de polpa concentrada. **Rev. Aliment. Nutr.**, v. 22, n. 4, p. 649-656, 2011.

SANINO, A.; **CORTEZ, L. B.;** **MEDEROS, B.T.** Vida de prateleira do Tomate (*Lycopersicon esculentum*), variedade "Débora", submetido a diferentes condições de resfriamento. In: WORKSHOP DE TOMATE. PERSPECTIVAS E PESQUISAS, 2003, Campinas. **Anais eletrônicos...** Campinas: UNICAMP, 2003.

SHIRAHIGE, F. H. *et al.* Produtividade e qualidade de tomates Santa Cruz e Italiano em função do raleio de frutos. **Hortic. bras.**, v. 28, n. 3, 2010.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz:** métodos químicos e físicos para análises de alimentos. 1. ed. Digital. São Paulo: IAL, 2008.

SPOTO, M. H. F.; **MIGUEL, A. C. A.** Processamento mínimo e congelamento, in: OETTERER, M. **REGITANO-D'ARCE, M. A. B.;** **SPOTO, M. H. F.** **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos.** Barueri: Manole, 2006. Cap. 10, p.453-510.

TONON, R. V.; **BARONI, A. F.;** **HUBINGER, M. D.** Estudo da Desidratação Osmótica de Tomate em Soluções Ternárias pela Metodologia de Superfície de Resposta. **Rev. Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 26, n. 3, p.715-723, 2006.

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.

VENSKE, C. *et al.* Influência do grau de maturação nas características sensoriais de tomate seco envasado em óleo. **Rev. Ciênc. Exat. Terr. Agrár. Eng.**, v. 10, n. 3, p. 33-40. Ponta Grossa, 2004.

VIEIRA, G. S. **Otimização do processo de desidratação osmótica de goiaba e avaliação do uso de pulso de vácuo e sais de cálcio.** 2010. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos)–Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

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