



**DOUGLAS HIDEKI TANIKAWA**

**POSSIBILIDADES DE REUTILIZAÇÃO DE SOLUÇÕES EMPREGADAS EM  
DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA**

**LAVRAS – MG**

**2020**

**DOUGLAS HIDEKI TANIKAWA**

**POSSIBILIDADES DE REUTILIZAÇÃO DE SOLUÇÕES EMPREGADAS EM  
DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal de Lavras, como parte das  
exigências do Curso de Engenharia de Alimentos,  
para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Jefferson Luiz Gomes Corrêa

Orientador

M.a Amanda Umbelina de Souza

Coorientadora

**LAVRAS – MG**

**2020**

**DOUGLAS HIDEKI TANIKAWA**

**POSSIBILIDADES DE REUTILIZAÇÃO DE SOLUÇÕES EMPREGADAS EM  
DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA**

**POSSIBILITIES OF REUSE OF SOLUTIONS USED IN OSMOTIC DEHYDRATION**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal de Lavras, como parte das  
exigências do Curso de Engenharia de Alimentos,  
para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADO em 26 de agosto de 2020.

Dr. Jefferson Luiz Gomes Corrêa

Dr. João Renato de Jesus Junqueira

M.a. Amanda Umbelina de Souza

M.a. Juliana Rodrigues do Carmo

Prof. Dr. Jefferson Luiz Gomes Corrêa

Orientador

M.a. Amanda Umbelina de Souza

Coorientadora

**LAVRAS – MG**

**2020**

Aos meus pais, meu irmão, minha tia Márcia e à minha namorada, Ana Vitória. Aos primeiros por toda base e apoio que me deram durante toda a vida e a Ana Vitória pelo apoio e companheirismo durante a elaboração deste trabalho.

Dedico.

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Departamento de Ciência dos Alimentos, por todo o suporte e aprendizado proporcionado.

À minha família por toda a base proporcionada que me permitiram seguir esta caminhada.

Ao Prof. Dr. Jefferson, pela amizade e orientação desta pesquisa e todos os ensinamentos científicos proporcionados.

À M.<sup>a</sup> Amanda, por me incentivar, através de indicações de pesquisas, a caminhar na direção certa para a elaboração deste trabalho.

À minha namorada, Ana Vitória, que sempre esteve ao meu lado.

À minha amiga Elizabeth, que me deu todo o apoio para eu seguir em minha jornada.

As minhas amigas do Laboratório, que me acolheram e me ensinaram muito.

Aos amigos que moraram comigo, tiveram um papel importantíssimo em minha jornada.

Enfim, a todos, meus sinceros agradecimentos!

## RESUMO

A desidratação osmótica (DO) tem é um método utilizado para reduzir a água livre de frutos e vegetais; tornando-se desta maneira, um pré-tratamento para a secagem. A DO consiste na imersão de um alimento em meio hipertônico, resultando em fluxos de água e de sólidos nativos (SN), do alimento para a solução osmótica; e a incorporação do soluto da solução osmótica (SO) para o alimento. Os principais agentes osmóticos utilizados neste processo são a sacarose e o cloreto de sódio. No entanto, já foram estudados diversos outros solutos alternativos, tais como a lactose, cloreto de cálcio, frutose, maltodextrina, sorbitol, frutooligossacarídeos, glicerol e a isomaltulose (Palatinose ®). Por se tratar de um processo que utiliza grande quantidade de soluto, é imprescindível a reutilização dos mesmos, para ser um processo economicamente e ambientalmente viável para a indústria de alimentos. Além disso, a reutilização da solução osmótica pode ser um atrativo em se empregar solutos de maior valor agregado ao processo afim de aumentar a funcionalidade do produto. O objetivo deste estudo foi realizar uma revisão de literatura sobre os métodos de reutilização de solução osmótica (SO) nos processos de DO de frutos e vegetais.

**Palavras-chave:** Desidratação osmótica; Reuso; Econômicos; Ambientais; Sustentabilidade.

## ABSTRACT

The osmotic dehydration (OD) has been studied method to reduce the free water of fruits and vegetables; becomes in this way, a pre-treatment to drying. The OD consists in an immersion of food in the hypertonic medium, resulting in water and native solids fluxes, from food to osmotic solution; and solute incorporation from osmotic solution to the food. The principal osmotic agents used in this process are sucrose and sodium chloride. However, were already studied other alternative solutes, such as lactose, calcium chloride, fructose, maltodextrin, sorbitol, fructooligosaccharides, glycerol and isomaltulose (Palatinose ®). This process uses a solute amount, so It is essential the reutilization of them to be a process economically and environmentally viable to industry food. Furthermore, the osmotic solution reutilization can be an attractive to use solutes of higher added value in the process to increase the functionality product. The aim of this study was making a bibliographic review about methods of Osmotic Solutions Reutilization in the process of fruits and vegetable's Osmotic Dehydration.

**Key-words:** Osmotic Dehydration; Reuse; Economic; Environmental; Sustainability.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	9
2 OBJETIVOS .....	11
2.1 Objetivo geral .....	11
2.2 Objetivo específico.....	11
3 METODOLOGIA .....	12
4 REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
4.1 Desidratação osmótica.....	13
4.2 Variáveis de processo na desidratação osmótica .....	14
4.2.1 Temperatura .....	14
4.2.2 Concentração.....	14
4.2.3 Tipo de soluto .....	15
4.2.4 Tempo de imersão .....	15
4.2.5 Agitação.....	16
4.2.6 Geometria da amostra.....	16
4.3 Métodos de reutilização de solução osmótica .....	17
4.3.1 Ciclos sucessivos não reconcentrados .....	17
4.3.1.1 Ciclos sucessivos não reconcentrados utilizando pasteurização durante cada DO.....	17
4.3.2 Ciclos sucessivos reconcentrado através da adição de soluto .....	18
4.3.3 Concentração à pressão atmosférica .....	18
4.3.4 Concentração a vácuo e reutilização .....	19
4.3.4.1 Ciclos intercalados com concentração a vácuo, pasteurização e filtração .....	19
4.3.5 Circulação semicontínua durante o processo com adição intermitente de xarope fresco	20
4.3.6 Circulação contínua durante o processo com filtração e reconcentração a vácuo .....	20
4.3.7 Uso de membranas de destilação osmótica e pervaporação para reconcentração da solução osmótica .....	21
4.3.8 Utilização da solução osmótica em formulações de outros produtos.....	22
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	23
REFERÊNCIAS .....	24

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor de frutas e hortaliças do mundo, apenas atrás da Índia e China. No entanto, cerca de 30% dos alimentos são perdidos por ano (EMBRAPA, 2015). Com isso, torna-se imprescindível a conservação destes alimentos para diminuir as perdas na cadeia produtiva.

Afim de se reduzir a quantidade de frutas e hortaliças desperdiçados ao longo da cadeia produtiva, a desidratação osmótica (DO) se apresenta como um pré-tratamento eficaz neste objetivo, porque reduz a umidade do alimento e é um método de baixo consumo energético. No entanto, deve estar associado a tecnologias complementares de conservação, pois através destes que o alimento irá atingir as características ideais de conservação (RASTOGI, 2014).

A DO é um processo que tem se destacado nos últimos anos por ter grande praticidade, gerar pouca alteração nas características físico-química do produto e ter menor custo energético do que os processos convencionais (YADAV e SINGH, 2014).

O processo de DO consiste na imersão de frutos e vegetais em meio hipertônico. Existem três tipos de fluxos presentes na DO, sendo eles, 1: água do alimento para a solução 2: sólidos da solução osmótica (SO) difunde para o interior do alimento e 3: sólidos nativos (SN), composto de minerais, vitaminas e ácidos orgânicos, para a solução. Isto ocorre devido à falta de equilíbrio, proporcionado pelo gradiente de potencial químico. (RIBEIRO; AGUIAR-OLIVEIRA e MALDONADO, 2016; PHISUT, 2012).

Existem inúmeros solutos que são utilizados como agentes osmóticos para compor a solução osmótica (SO) na DO de frutas e hortaliças, sendo os principais a sacarose e o cloreto de sódio. No entanto, outros solutos foram estudados ao longo dos últimos anos, tais como, xarope de glicose, maltodextrina, etanol, mel, frutooligossacarídeos, glicerol, frutose e palatinose. (MIRZAYI; HEYDARI e JABBARI, 2018; MIRAHMED; QAZI e JAMAL, 2016).

De fato, grande volume de solução osmótica é gerado em um processo de DO fazendo-se importante sua reutilização para evitar desperdícios e garantindo que o processo seja economicamente e ambientalmente satisfatório. Processos de reconcentração são amplamente utilizados para retornar à concentração inicial da solução durante o processo da DO e garantir a mesma eficiência (TORTOE et al., 2008).

A reutilização da sacarose é a mais comum na DO, podendo ser feita em até cinco ciclos sem a necessidade de reconcentração e sem apresentar mudanças físico-químicas e microbiológicas na solução osmótica (SRITONGTAE; MAHAWANICH e DUANGMAL, 2011).

Com a ampla gama de estudos sobre métodos de reaproveitamento de SO que está disponibilizado no âmbito científico, aliado a importância da redução do impacto ambiental torna-se importante o estudo dos métodos de reutilização. Portanto, o presente trabalho tem como alvo a realização de uma revisão bibliográfica sobre as possibilidades de reuso de solução osmótica.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Realizar uma revisão de literatura integrativa sobre a DO, suas variáveis de processo e os principais métodos utilizados para a reutilização de SO encontrados em estudos nas últimas 3 décadas.

### **2.2 Objetivo específico**

Apresentar os principais métodos utilizados pra reutilização de solução osmótica usada no processo de DO.

### 3 METODOLOGIA

O desenvolvimento do presente trabalho foi realizado através de revisão bibliográfica integrativa à cerca do tema de desidratação osmótica e os métodos que são utilizados para reutilizar a solução osmótica. As consultas para a realização do trabalho foram realizadas em teses e dissertações através da base de dados BDTD, artigos através de busca realizada na base de dados Scopus, Web of Science e Google acadêmicos, com base nas palavras chaves de desidratação osmótica, reuso, solução osmótica, reciclagem, solução de sacarose, estabilidade microbológica, acondicionamento, influência, variáveis. No intuito de se concluir os objetivos da pesquisa, foram realizadas as etapas indicadas na Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma da metodologia utilizada na construção da revisão de literatura



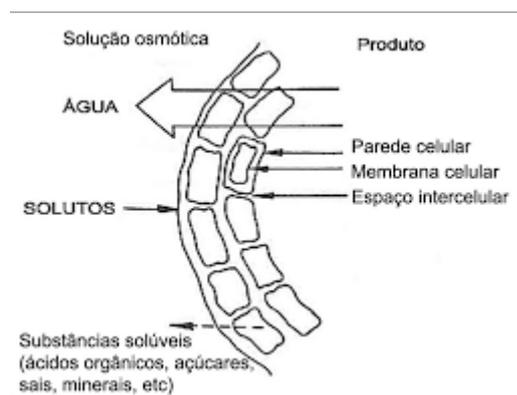
Fonte: O autor (2020)

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 Desidratação osmótica

A DO é um processo no qual a fruta ou hortaliça, inteiro ou em pedaços, é submerso em solução hipertônica, fazendo com que ocorram dois fluxos contracorrentes principais: migração da água do alimento para a solução e a incorporação de soluto no alimento, processo que se dá através da membrana celular do alimento, como visto na figura 2. Um terceiro fluxo que pode ocorrer, em menor proporção, está relacionado com a lixiviação de solutos naturalmente presentes no alimento e por isto que, comumente, é desconsiderado para a determinação dos parâmetros de transferência de massa. A força motriz do processo é a pressão osmótica, que está associada a diferença de concentração presente no alimento e na solução (COIMBRA et al., 2009).

Figura 2 - Fenômenos de transferência de massa durante a DO



Fonte: Souza, 2007

Na DO existem processos adjuntos, tais como ultrassom assistido (MENDONÇA et al., 2016; RODRIGUES et al., 2009; CICHOWSKA et al., 2019), pulso de vácuo (FERMIN e CORZO, 2005; OLIVEIRA et al., 2017; CORZO; BRACHO e MARJAL, 2006), que melhoram o processo através das alterações que causam na membrana celular da fruta ou hortaliça. O processo de DO é utilizado como pré-tratamento para operações como: secagem com ar quente (FATHI; MOHEBBI e RAZAVI, 2011; AZOUBEL et al., 2009), micro-ondas (WRAY e RAMASWAMY, 2013; SANTOS e CAMPAÑONE, 2019), congelamento (BUNGER et al., 2004), liofilização (FAHLOUL et al., 2009; ASSIS et al., 2018), e possui diversas vantagens, como redução na alteração de cor e sabor no alimento, baixo escurecimento causado por oxidação, devido a imersão em água diminuir o contato com o ar, baixo consumo energético, por ser realizada em temperatura ambiente, aumento da vida de prateleira, devido a redução

parcial de umidade e não necessita equipamentos complexos para o processo (OSORIO et al., 2007).

## **4.2 Variáveis de processo na desidratação osmótica**

### **4.2.1 Temperatura**

De acordo com Kowalska (2009) o aumento da temperatura da SO utilizada na DO aumenta a transferência de massa do processo, pois além de aumentar o tamanho dos poros e plastificar a membrana celular do alimento, diminui a viscosidade da SO e conseqüentemente aumentam a taxa de difusão da água presente no alimento. Ruskova et al. (2016) observaram que maiores temperaturas no processo de DO aumentaram a velocidade no processo de transferência de massa e a separação das moléculas de água presente nas células vegetais foi mais rápida do que o fluxo de água penetrando no alimento.

Devic et al. (2010) observaram que a utilização de temperatura a 45 °C apresenta benefícios nutricionais, tais como diminuição na incorporação de açúcares e diminuição na perda de vitamina C. Acima desta temperatura, podem ocorrer danos na parede celular, reduzindo a transferência de massa. Concluíram também que a perda de água (PA) depende diretamente do binômio tempo e temperatura.

Já de acordo com Nsonzi e Ramaswamy (1998) a PA e GS do mirtillo aumentaram conforme ocorreu o aumento de temperatura (60°C) e da concentração da solução. O fluxo de PA durante a DO foi muito superior ao de GS. As temperaturas durante o processo de DO não excedem 60°C, pois ocorrem alterações indesejáveis no produto final. Além de escurecimento enzimático e deterioração de compostos de sabor, podem ocorrer incrustação na camada externa do mirtillo, prejudicando o processo de transferência de massa.

### **4.2.2 Concentração**

A concentração da SO é uma das principais variáveis do processo de DO. De acordo com Tiwari (2005) a DO ocorre devido ao gradiente de concentração entre a SO e o fruto/vegetal, no qual ocorre a perda da água de dentro do alimento para a solução osmótica, através de membrana semipermeável, no intuito de se equilibrar a concentração do meio.

Rastogi e Raghavarao (1997) observaram que os coeficientes de difusão da água e da sacarose apresentaram aumento em seus valores conforme a concentração da SO aumentava. Os valores do coeficiente de difusão apresentados neste estudo de Rastogi e Raghavarao (1997)

da água foram maiores do que os valores do coeficiente de difusão da sacarose, indicando que a PA é mais intensa do que o GS.

Kushwaha et al. (2018) observaram em seu estudo sobre a influencia do soluto o sobre a goiaba, que maiores concentrações de sacarose, resultaram em maiores fluxos de PA, GS e perda de peso.

#### **4.2.3 Tipo de soluto**

A DO necessita de uma solução hipertônica que irá promover a desidratação do alimento. O soluto é a substância que compõe essa solução, podendo ser uma ou mais substâncias que são diluídas em solução líquida, normalmente água, onde será introduzida o alimento (CHIRALT e FITO, 2003). De acordo com Chiralt e Fito (2003) o tipo de soluto tem grande importância no comportamento de como a estrutura do fruto irá interagir com o soluto, pois dependerá da sua massa molecular, concentração ou composição mista.

De acordo com Ahmed, Qazi e Jamal (2016) existe grande variedade de agentes osmótico, tais como sacarose, xarope de milho, sal, frutooligossacarídeo, mel, etanol, maltodextrina, glucose, maltose, sendo o fator de escolha, dependente do impacto causado no processo com relação às propriedades sensoriais, devem possuir gosto palatável, ser dissolúvel e atóxico, e também com relação à propriedades funcionais, como a eficiência de desidratação.

Panagiotou, Karathanos e Maroulis (1999) observaram que a concentração do soluto possui efeito positivo sobre a PA e o GS durante o processo de DO e que o tipo de soluto influencia nestas características.

Em seu estudo, Atarés, Chiralt e Gonzáles-Martínez (2008) mostraram que para diferentes solutos, diferentes atividades de água são apresentadas durante o processo de DO, além de variações nos parâmetros de transferência de massa, tais como PA e GS.

#### **4.2.4 Tempo de imersão**

Derossi et al. (2008) observaram que o processo de transferência de massa na DO é decorrente do tempo de processo, no qual o fruto submerso começa a sofrer alterações em sua estrutura celular conforme o tempo passa, levando a PA e GS.

O tempo de processo está associado diretamente aos parâmetros de transferência de massa que se deseja obter na DO, onde a transferência de massa é maior o início do processo devido a maior diferença de pressão osmótica, mas o tempo não é uma característica isolada do processo, pois deve estar associado a outras variáveis (CAO et al., 2006).

De acordo com Cao et al. (2006), em relação a PA, o tempo de processo da DO depende diretamente da concentração da SO, no qual o meio mais concentrado apresenta maior PA em do que a menor concentração, no mesmo tempo de processo. Em relação ao ganho de sólidos, Cao et al. (2006) observaram que a incorporação de soluto no fruto foi maior em processos mais duradouros.

Em um estudo realizado por Derossi et al. (2008), foi observado que a desidratação da maçã em solução osmótica composta de sacarose e água, ocorre da borda para o centro do alimento e depois de 5 horas de processo não ocorreram variações significativas na PA e GS.

#### **4.2.5 Agitação**

De acordo com Phisut (2012), a agitação do meio durante a DO facilita o processo de transferência de massa devido a menor resistência na superfície, evitando assim possíveis padrões de fluxo que ocorrem em processos que não efetuam a agitação. Phisut (2012) observou que dependendo do soluto utilizado, a viscosidade das soluções açucaradas pode funcionar como barreira à transferência de massa, criando dificuldade de interação entre solução e amostra. Neste contexto, o processo com agitação vem para contornar essa limitação.

Em um estudo realizado por Garrote, Silva e Bertone (2012) a agitação teve influência diretamente na PA da amostra, sendo mais intensa em operação com regime turbulento, já o GS, não ocorreu diferença significativa com a presença da agitação do meio.

#### **4.2.6 Geometria da amostra**

Lerici et al. (1985) observaram que diferentes tamanhos de maçãs geraram produtos finais com parâmetros de transferência de massa variados, no qual o tamanho e formato da amostra influencia na transferência de massa durante a DO. Isto ocorre devido a variação nos coeficientes de difusão de acordo com a geometria do alimento. O coeficiente apresentou maiores valores em fatias circulares, no qual a relação (área/mínimo meia espessura) era menor do que quando comparado em fatias cúbicas. Eles também avaliaram a influência da geometria da amostra na PA e ganho de sólidos, foi concluído que quanto maior o valor resultante da área superficial sobre a meia espessura mínima da amostra, maior era o ganho de sólidos. Eles observaram também que em amostras em forma de anel ocorreu maior perda de água devido ao maior coeficiente de difusividade. Em contrapartida, o maior ganho de sólidos foi em fatias em formato de cubo devido à redução no coeficiente de difusividade.

### **4.3 Métodos de reutilização de solução osmótica**

O aumento da exigência por meio dos órgãos regulamentadores, com relação ao impacto ambiental, faz com que a indústria trabalhe da forma mais sustentável possível. Além disso, o gerenciamento correto de resíduos pode impactar diretamente nos custos de uma indústria. Dentro desse cenário, a reutilização de soluções osmóticas em um processo de DO é uma possibilidade contornar os problemas com relação à destinação de resíduos. Grande quantidade de solução oriunda de uma DO é reutilizada em processos posteriores, tornando o processo economicamente e ambientalmente viável. Serão apresentados a seguir os principais métodos de reuso de SO encontrados na literatura.

#### **4.3.1 Ciclos sucessivos não reconcentrados**

Peiró et al. (2006) realizou um estudo sobre o fluxo de micronutrientes lixiviados de toranjas para a SO. O estudo consistiu em utilizar a SO por sucessivos ciclos, sem reconcentração, e durante cada ciclo era colocado novas toranjas, Os autores concluíram que em até 8 ciclos, torna-se possível a reutilização da SO sem que ocorra alterações na toranja. Durante as reutilizações eles observaram também a perda de ácidos e minerais provenientes do fruto para a solução, tornando-a rica em nutrientes que pode utilizada como ingrediente para novas formulações alimentares, tais como bebidas fermentadas.

Em um estudo de Peiró, Camacho e Navarrete (2007), verificou-se que a utilização de ciclos sucessivos permite a coleta de substâncias que ficaram impregnadas na solução osmótica através de processos complementares. Após a reutilização da SO durante 15 ciclos, não houve mudanças significativas nos resultados dos parâmetros de transferência de massa das amostras de abacaxi, mostrando ser um processo útil a ser utilizado e estudado.

Osorio et al. (2007) estudaram o fluxo de micronutrientes para a solução osmótica durante a DO de tamarilhos. Os componentes voláteis e pigmentos migraram para a solução durante o processo de DO, mostrando uso potencial desta solução resultante como ingrediente para outros processos. De acordo com o experimento, a solução gerou sabor residual no tamarilho e como sugestão, recomendou-se a utilização da solução enriquecida em produtos que não necessitarão o consumo, tais como cosméticos.

##### **4.3.1.1 Ciclos sucessivos não reconcentrados utilizando pasteurização durante cada DO**

Moraga , Moraga e Navarrete (2011) realizaram um estudo sobre a reutilização de SO na estabilidade de toranja. Seu método consistiu em utilizar a pasteurização entre 30°C e 72°C durante cada ciclo. Foi utilizada a mesma SO sem reconcentração durante diversos ciclos. Os

autores perceberam que a SO pode ser reutilizada em até 5 ciclos sucessivos sem a necessidade de reconcentração. Assim, a DO do fruto não é afetada pela diferença de concentração gerada pela reutilização da solução. No entanto, é necessário a pasteurização da SO após cada DO para garantir um produto final microbiologicamente seguro, aumentando sua vida útil, quando comparado a DO sem tratamento térmico. O processo de reutilização osmótica associada à pasteurização possui benefício econômico, pois aumenta a conservação do produto.

#### **4.3.2 Ciclos sucessivos reconcentrado através da adição de soluto**

A reconcentração de solução em ciclos sucessivos é um método utilizado na DO para manter a concentração constante da SO durante todo o processo. Fragoso, Chanes e Giroux (1998) realizaram um estudo sobre a reutilização de SO em maçãs, o método consistiu em reconcentrar a SO durante cada ciclo através de sacarose cristalizada, utilizando maçãs frescas em cada ciclo reconcentrado. De acordo com Fragoso, Chanes e Giroux (1998), durante o processo de reutilização, ocorrem alterações nas características da solução. Ocorreram mudanças no pH, acidez, condutividade elétrica e turbidez. No geral, as alterações ocorreram até a sexta reutilização e a partir disto, os valores dos parâmetros pouco variaram. Além disso, durante 20 ciclos sucessivos, a solução se mostrou microbiologicamente estável, não oferecendo risco ao processo.

De acordo com Moyano e Zúñiga (2003) com um tempo de processo fixo, utilizando frutos frescos a cada DO, ocorreram diminuição dos SN da fruta e aumento de açúcares redutores da solução. O tempo de processo aumentou conforme o xarope era reutilizado. Até a terceira reutilização o tempo de migração dos SN da maçã para a solução apresentaram aumento.

#### **4.3.3 Concentração à pressão atmosférica**

Angelini (2003) estudou a reutilização da SO na DO de kiwi, utilizando o processo de concentração da solução através da ebulição à pressão atmosférica na intenção de se concentrar a SO através da perda de água. Após a ebulição, foi adicionado água e soluto para reestabelecer o volume e concentração inicial da solução. Os autores concluíram que a reutilização de até seis ciclos sucessivos reconcentrados à pressão atmosférica é satisfatório para o processo de DO, apresentando nível microbiológico seguro. Além disso, durante os 6 ciclos estudados, foi notado o aumento da turbidez da SO e mudança na coloração devido ao acúmulo de SN provenientes do kiwi. Mesmo com a alteração na cor da SO, não houve alterações na cor do fruto osmoticamente desidratado, porém, notou-se aumento do brilho na camada exterior do

kiwi, possivelmente devido ao acúmulo de sacarose. Com relação ao teor de sólidos totais presente na SO, observou-se um aumento associado ao fluxo proveniente dos sólidos nativos para a SO, tais como fibras, açúcares, vitaminas, minerais e micronutrientes. A vitamina C presente na SO aumentou sucessivamente durante cada ciclo do processo.

#### **4.3.4 Concentração a vácuo e reutilização**

Germer et al. (2016) realizaram um estudo sobre o acondicionamento e reutilização da solução osmótica. O método utilizado consistiu na reconcentração da SO em vácuo à 70°C, fazendo com que ocorresse diminuição no seu volume e consequentemente adicionando de xarope concentrado para reabilitar o volume inicial. A utilização de ciclos sucessivos da SO reconcentrado gerou mudanças físicas em sua composição físico-química, tais como, aumento da turbidez, acidez e diminuição da concentração inicial de sacarose e do pH. Além disso houve o aumento na taxa de escurecimento da SO, conforme a acidez da fruta aumentava. Foi observado diminuição na concentração de sacarose e aumento dos açúcares redutores conforme a SO era reutilizada. A reutilização de xarope de glicose ao longo de 15 ciclos na DO de goiabas foi aceitável em relação a parâmetros osmóticos e carga microbiana, pois se mantiveram constantes. No entanto, houve alterações físico-químicas conforme a SO era reutilizada. Ocorreu alteração na coloração da SO devido à migração de compostos da goiaba. O armazenamento do xarope sob refrigeração mostrou eficácia na conservação. Mesmo após 15 ciclos consecutivos, não houve diferenças sensoriais na goiaba, mostrando ser um processo que não afeta a aceitação do produto final (GERMER et al., 2016).

No estudo realizado com maçã red, pêsego e damasco por Bolin et al. (1983) a reutilização por 5 ciclos de SO de sacarose e xarope de milho não apresentou mudanças significativas na viscosidade da SO. As amostras que foram imersas em SO reciclada não apresentaram diferenças significativas quando comparadas com as imersas em SO nova. Em relação a PA e GS, os valores são semelhantes para SO reciclada ou não.

##### **4.3.4.1 Ciclos intercalados com concentração a vácuo, pasteurização e filtração**

A concentração a vácuo, durante 15 ciclos, da sacarose auxilia no processo através da utilização de menores temperaturas para concentração, evitando perdas de compostos voláteis presentes no pêsego, na SO. A pasteurização auxilia no prolongamento do uso da SO, no ponto de vista microbiológico. A filtração evita turbidez que vem se formando na SO, através da retenção em terra diatomácea das pequenas partículas solúveis (GERMER et al., 2012).

A SO que recebeu o tratamento de pasteurização, seguido de reconcentração a vácuo e filtração, apresentou resultados positivos na reutilização. A pasteurização evitou crescimento microbiológico na solução, a reconcentração a vácuo fez com que a SO atingisse a concentração inicial à baixas temperaturas para todas os processos de DO, evitando alterações indesejáveis na solução e a filtração evitou a turbidez da SO. Após dois ciclos sucessivos, a SO já se torna necessário a reconstituição da solução na DO do tomate (CAMARGO, 2005).

#### **4.3.5 Circulação semicontínua durante o processo com adição intermitente de xarope fresco**

O sistema semicontínuo consiste na recirculação da SO através da adição de xarope concentrado durante os ciclos, no qual um tanque pulmão auxilia no processo de recirculação da SO. Através de um sistema semicontínuo a SO é bombeada com diferentes vazões mássicas e agitada através da recirculação da sacarose, criando um meio de circulação da SO onde a temperatura e a concentração da solução são controladas. A desidratação osmótica de goiaba através de um sistema osmótico semicontínuo, ele concluiu que este sistema não apresenta vantagens em relação aos parâmetros de transferência de massa quando comparado ao sistema em batelada, em um período de 6 horas. A menor vazão mássica (77 kg de SO/h) apresentou menor PA e GS quando comparado a batelada e as vazões maiores (540 e 773 kg de SO/h). No entanto, o processo semicontínuo (540kg de SO/h) apresentou maiores valores de PA e GS nos primeiros 30 minutos de processo em comparação a batelada. A reutilização por 5 ciclos consecutivos no sistema semicontínuo não influenciou a transferência de massa do processo. O regime laminar (77kg de SO/h) obteve menores parâmetros de transferência de massa quando comparado ao regime turbulento (540 e 773 kg de SO/h). Não houve alterações na coloração da goiaba vermelha durante todos os ensaios (ARGANDOÑA, 2005).

Por outro lado, Duduyemi, Ngoddy e Ade-Omowaye (2013) observaram que a DO de cenouras foi beneficiada utilizando o fluxo semicontínuo em regime turbulento da SO de sacarose, na PA, reduzindo seu tempo de processo em 2,5 horas. O processo semicontínuo em regime turbulento não afetou significativamente as estruturas da cenoura durante todo o processo.

#### **4.3.6 Circulação contínua durante o processo com filtração e reconcentração a vácuo**

A necessidade da criação de métodos para a indústria de alimentos, fez com que Frago et al. (2002a) criassem um processo contínuo para a reutilização da SO no processo de DO, no qual as operações que envolvem o sistema são a filtração, reconcentração da SO, ciclone para

separação da sacarose, sistema de controle de temperatura e reconcentração da SO. Neste estudo, foi observado que o processo contínuo apresentou mudanças na SO, tais como queda súbita de pH e aumento da acidez, além da redução de açúcares. A carga microbiológica no processo contínuo foi estabilizada através da filtração de leveduras e bolores presentes na SO. Não ocorreram alterações na coloração das amostras de maça durante todo o processo de DO.

De acordo com Fragoso et al. (2002a) é possível utilizar o processo contínuo de DO por pelo menos 20 lotes sem alterações significativas no processo.

Fragoso et al. (2002b) observaram que a DO realizada em laboratório e na planta piloto não apresentaram diferenças significativas em relação aos parâmetros de transferência de massa, tais quais GS e PA, tornando-se possível escalar o processo a nível industrial através de otimizações envolvendo engenharia de processos.

#### **4.3.7 Uso de membranas de destilação osmótica e pervaporação para reconcentração da solução osmótica**

A pervaporação consiste na separação através de membranas, onde misturas líquidas são separadas devido a vaporização parcial gerada através de membrana não porosa. A força motriz do processo de transferência de massa é a diferença da pressão de vapor dos solutos. É um processo que ocorre a mudança de fase, no qual o permeado é obtido na fase vapor e recuperado por condensação. Não utiliza solventes tóxicos e a sua operação é realizada em condições moderadas de temperatura e pressão, fatores importantes quando se trata de alimentos (ASSIS, 2006).

O processo de separação através membranas de destilação é utilizado na indústria de alimentos para concentração, fracionamento e purificação de conteúdo líquido. É realizado em baixas temperaturas e altas pressões, com possibilidades de processo automatizado e não utilização de compostos químicos, servindo como opção na produção de alimentos (WARCZOK et al., 2005).

Warczok et al. (2007) fizeram um estudo sobre a reutilização de SO através de membranas de destilação osmótica e observaram que o processo apresentou grande eficiência na retenção de quase 100% de soluto no processo. A destilação por membrana osmótica foi considerada eficiente para tratar SO viscosas. O fluxo contracorrente de decapagem foi mais eficiente utilizando cloreto de cálcio do que cloreto de sódio, em relação ao fluxo de água do sistema.

De acordo com o estudo realizado por Kujawski (2009) a pervaporação da SO apresentou maior facilidade de processo quando comparado a membrana de destilação

osmótica, pois o segundo gera um fluxo adicional de  $\text{CaCl}_2$  que deve ser tratado em outro processo. Porém, ambos os processos são eficientes para tratar SO reciclada. As membranas devem receber tratamento antes de serem utilizadas nos processos para evitar possíveis contaminações indesejadas.

#### **4.3.8 Utilização da solução osmótica em formulações de outros produtos**

Conforme a SO vem sendo reutilizada, os compostos nutricionais presentes na amostra migram para a solução, tornando-a enriquecida de micronutrientes e minerais. Com isso, torna-se possível a utilização dessa SO enriquecida, como ingrediente de novos produtos, evitando assim o desperdício de grande volume de SO, além de melhorar a composição nutricional do novo produto através de sua base enriquecida de micronutrientes e minerais. Germer et al. (2017) mostrou que a reutilização da SO é viável até no quinto ciclo consecutivo. A SO utilizada na DO do abacaxi apresentou-se rica em vitamina C e potássio, com concentrações intermediárias de compostos fenólicos e carotenoides e traços de minerais. No processo de produção de drageados (doce feito com uma semente/fruta encoberta por açúcar), a SO permitiu a adesão do pó de açai e frutas vermelhas secas, que na sequência foram revestidas no abacaxi desidratado, formando um produto com alto teor de nutrientes e grande aceitação sensorial.

Na intenção de reutilizar a SO em outro processo, Aarchary e Prapulla (2009) observaram que a SO reciclada após 5 ciclos possui ainda grande quantidade de sacarose presente, além dos compostos nutricionais que estavam presentes na cenoura. Com isso, foi utilizada a SO reciclada para produção de frutooligossacarídeos (FOS) através de atividade enzimática, apresentando ótimo rendimento em sua produção.

No estudo realizado por Ruiz et al. (2013) sobre o uso de SO para produzir frutooligossacarídeos (FOS) por *Aspergillus*, a utilização de biorreator apresentou maior rendimento máximo quando comparado em pequena escala para a produção de FOS com SO reciclada. As soluções recicladas apresentaram bom rendimento, porém, menores do que com a solução não reciclada.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A desidratação osmótica é um pré-tratamento muito eficiente na perda de água de frutas e vegetais, no entanto, como consta na literatura, a solução osmótica do processo de DO é utilizada em grandes quantidades, tornando-se necessária a reutilização da mesma para o processo se tornar viável economicamente e ambientalmente.

Nas últimas décadas, vem sendo realizados diversos estudos sobre os métodos de reutilização de solução osmótica, cada um com suas particularidades. O estudo dos métodos de reutilização de SO tem um importante papel na indústria de alimentos, pois o processo de DO à nível industrial, demanda grande quantidade de SO, e faz-se necessária uma avaliação para que se obtenha aceitação financeira do processo.

A partir dos estudos apresentados nesta revisão, é possível afirmar que todos os métodos de reutilização da solução osmótica possuíram eficientes resultados. Além disso, foi possível observar que com o avanço tecnológico no meio científico, métodos avançados vêm sendo utilizados, como é da reutilização da sacarose por meio de membranas de destilação osmótica e pervaporação. Este método apresentou altíssimo percentual de eficiência de reutilização em relação aos demais.

Por fim, torna-se necessário a continuidade dos estudos sobre reutilização de solução osmótica, na intenção de se criar métodos cada vez mais eficientes e econômicos no processo de desidratação osmótica e poder ser utilizado amplamente em escala industrial.

## REFERÊNCIAS

- AACHARY, A. A.; PRAPULLA, S. G. Value addition to spent osmotic sugar solution (SOS) by enzymatic conversion to fructooligosaccharides (FOS), a low calorie prebiotic. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 10, n. 2, p. 284-288, 2009.
- AHMED, I.; QAZI, I. M.; JAMAL, S. Developments in osmotic dehydration technique for the preservation of fruits and vegetables. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 34, p. 29-43, 2016.
- ANGELINI, R.. **Desidratação osmótica de kiwi (*Actinidia deliciosa* L): estudo da reutilização da solução osmótica**. 2003. 72f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/254412>>. Acesso em: 4 jul. 2020.
- ASSIS, A. V. R. de. Recuperação dos componentes do aroma de café por pervaporação. 2006. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica - RJ, 2006.
- ATARÉS, L.; CHIRALT, A.; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C. Effect of solute on osmotic dehydration and rehydration of vacuum impregnated apple cylinders (cv. Granny Smith). **Journal of Food Engineering**, v. 89, n. 1, p. 49-56, 2008.
- ASSIS, R. A. et al. Osmotic Dehydration Combined with Freeze-drying of Apple Cubes and Comparison with Microwave Drying and Hot Air Drying. **Advances in Food Science and Engineering**, v. 21, n. 1, p. 38-47, 2018.
- AZOUBEL, P. M. et al. Effect of osmotic dehydration on the drying kinetics and quality of cashew apple. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, n. 5, p. 980-986, 2009.
- BOLIN, H. R. et al. Effect of Osmotic Agents and Concentration on Fruit Quality. **Journal of Food Science**, v. 48, n. 1, p. 202-205, 1983.
- BUNGER, A. et al. Osmotic dehydration and freezing as combined processes on apple preservation. **Food Science and Technology International**, v. 10, n. 3, p. 163-170, 2004.
- CAMARGO, G. A.. **Novas tecnologias e pre-tratamentos: tomate seco embalado a vacuo**. 2005. 175p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/255534>>. Acesso em: 10 jul. 2020.
- CAO, H. et al. Optimization of osmotic dehydration of kiwifruit. **Drying Technology**, v. 24, n. 1, p. 89-94, 2006.
- CICHOWSKA, J., RAJCHERT, W.D., RÓZANSKA, S. L., & Figiel, A. Ultrasound-Assisted Osmotic Dehydration of Apples in Polyols and Dihydroxyacetone (DHA) Solutions. **Molecules**, v. 24, n. 19, p. 3429, 2019.

CHIRALT, A.; FITO, P. Transport mechanisms in osmotic dehydration: The role of the structure. **Food Science and Technology International**, v. 9, n. 3, p. 179-186, 2003.

COIMBRA, L. M. P. DE L. et al. Water and sucrose diffusion coefficients during osmotic dehydration of sapodilla (*Achras zapota* L.). **Ciência Rural**, v. 47, n. 8, p. 1-7, 2017.

CORZO, O., BRACHO, N., & MARJAL, J. Color change kinetics of sardine sheets during vacuum pulse osmotic dehydration. **Journal of Food Engineering**, v. 75, n. 1, p. 21–26, 2006.

DEROSSI, A. et al. Mass transfer during osmotic dehydration of apples. **Journal of Food Engineering**, v. 86, n. 4, p. 519-528, 2008.

DEVIC, E. et al. Effect of temperature and cultivar on polyphenol retention and mass transfer during osmotic dehydration of apples. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 1, p. 606-614, 2010.

DUDUYEMI, O., GODDY, P., ADE-OMOWAYE, B.I.O. Effects of Agitation by Convective Liquid Impingement on Osmotic Dehydration of Carrot Disk in a Semi-Continuous Operation. **International Journal of Engineering Research & Technology Vol. 2 Issue 12**, 2013.

FAHLOUL, D. et al. Effect of osmotic dehydration on the freeze drying kinetics of apricots. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, v. 7, n. 2, p. 117-121, 2009.

FERMIN, W. J., & CORZO, O. Optimization of vacuum pulse osmotic dehydration of cantaloupe using response surface methodology. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 29, n. 1, p. 20–32, 2005.

EMBRAPA. Embrapa, 2015. PERDAS NO campo têm GOSTO AMARGO. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1037312/1/digitalizar0045.pdf>>. Acesso em: 14 jul. 2020.

FATHI, M.; MOHEBBI, M.; RAZAVI, S. M. A. Effect of Osmotic Dehydration and Air Drying on Physicochemical Properties of Dried Kiwifruit and Modeling of Dehydration Process Using Neural Network and Genetic Algorithm. **Food and Bioprocess Technology**, v. 4, n. 8, p. 1519-1526, 2011.

FRAGOSO, V. A. et al. Pilot plant for osmotic dehydration of fruits: Design and evaluation. **Journal of Food Process Engineering**, v. 25, n. 3, p. 189-199, 2002a.

FRAGOSO, V. A. et al. Reuse of sucrose syrup in pilot-scale osmotic dehydration of apple cubes. **Journal of Food Process Engineering**, v. 25, n. 2, p. 125-139, 2002b.

FRAGOSO, V. A.; WELTI-CHANES, J.; GIROUX, F. Properties of a sucrose solution reused in osmotic dehydration of apples. **Drying Technology**, v. 16, n. 7, p. 1429-1445, 1998.

GARROTE, R. L.; SILVA, E. R.; BERTONE, R. A. Osmotic concentration at 5°C and 25°C of pear and apple cubes and strawberry halves. **LWT - Food Science and Technology**, v. 25, p. 133-138, 1992.

GERMER, M. S. P. et al. Reuse of Sucrose Syrup in the Osmotic Dehydration of Peaches. **Drying Technology**, v. 30, n. 14, p. 1532-1540, 2012.

GERMER, S. P. M. et al. Fruit dragée formulated with reused solution from pineapple osmotic dehydration TT - Formulação de drageados de frutas com solução de reuso da desidratação osmótica de abacaxi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 9, p. 806-813, 2017.

GERMER, S. P. M. et al. Effect of reconditioning and reuse of sucrose syrup in quality properties and retention of nutrients in osmotic dehydration of guava. **Drying Technology**, v. 34, n. 8, p. 997-1008, 2016.

ISLAM, M. N.; FLINK, J. N. Dehydration of potato: II. Osmotic concentration and its effect on air drying behaviour. **International Journal of Food Science & Technology**, 1982. v. 17, p. 387-403.

KOWALSKA, H. Effect of solution concentration, temperature, and process time on osmotic dehydration of apples | Wpływ stężenia roztworu, temperatury i czasu procesu na odwadnianie osmotyczne jablek. **Zywnosc. Nauka. Technologia. Jakosc/Food. Science Technology. Quality**, v. 16, p 73-85, 2009.

KUJAWSKI, W. et al. Application of pervaporation and osmotic membrane distillation to the regeneration of spent solutions from the osmotic food dehydration. **Polish Journal of Chemical Technology**, v. 11, n. 2, p. 41-45, 2009.

KUSHWAHA, R.; Singh, V.; Singh, M.; Kaur, D. Influence of Osmotic Agents on Drying Behavior and Product Quality of Guava Fruit. **Plant Archives**, v. 18, p. 205-209, 2018.

LERICI, C. R. et al. Osmotic Dehydration of Fruit: Influence of Osmotic Agents on Drying Behavior and Product Quality. **Journal of Food Science**, v. 50, n. 5, p. 1217-1219, 1985.

MIRZAYI, B.; HEYDARI, A.; JABBARI, A. The effects of Sucrose/NaCl/Time interactions on the osmotic dehydration of banana slices. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.21, e2017228, 2018.

MENDONÇA, K. S.; CORRÊA, J. L. G.; Junqueira, J. R. J.; PEREIRA, M. C. de A.; VILELA, M. B. Optimization of osmotic dehydration of yacon slices. **Drying Technology**, v. 34, n. 4, p. 386-394, 2016.

MORAGA, M. J.; MORAGA, G.; NAVARRETE, N. Effect of the re-use of the osmotic solution on the stability of osmodehydro-refrigerated grapefruit. **LWT - Food Science and Technology**, v. 44, n. 1, p. 35-41, 2011.

MOYANO, P. C.; ZÚÑIGA, R. N. Kinetic Analysis of Osmotic Dehydration Carried Out with Reused Sucrose Syrup. **Journal of Food Science**, v. 68, n. 9, p. 2701-2705, 2003.

NSONZI, F.; RAMASWAMY, H. S. Osmotic dehydration kinetics of blueberries. **Drying Technology**, v. 16, n. 3-5, p. 725-741, 1998.

OLIVEIRA, L. F., CORRÊA, J. L. G., BOTREL, D. A., VILELA, M. B., BATISTA, L. R., & FREIRE, L. Reuse of sorbitol solution in pulsed vacuum osmotic dehydration of yacon (*Smallanthus sonchifolius*). **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 41, n. 6, e13306, 2017.

OSORIO, C. et al. Colour and flavour changes during osmotic dehydration of fruits. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 8, n. 3, p. 353-359, 2007.

PANAGIOTOU, N. M.; KARATHANOS, V. T.; MAROULIS, Z. B. Effect of osmotic agent on osmotic dehydration of fruits. **Drying Technology**, v. 17, n. 1-2, p. 175-189, 1999.

PEIRÓ, R. et al. Micronutrient flow to the osmotic solution during grapefruit osmotic dehydration. **Journal of Food Engineering**, v. 74, n. 3, 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**, v. 79, n. 3, p. 842-849, 2007.

PHISUT, N. Factors affecting mass transfer during osmotic dehydration of fruits *International Food Research Journal*, v. 19, n. 1, p. 7-18, 2012.

RAOULT-WACK, A.-L. et al. Simultaneous water and solute transport in shrinking media – Part 1. **Drying Technology**, v. 9, n. 3, p. 613-630, 1991.

RASTOGI, N. K.; RAGHAVARAO, K. S. M. S. Water and solute diffusion coefficients of carrot as a function of temperature and concentration during osmotic dehydration. **Journal of Food Engineering**, v. 34, n. 4, p. 429-440, 1997.

RASTOGI, N. K.; RAGHAVARAO, K. S. M. S.; NIRANJAN, K. Recent Developments in Osmotic Dehydration. In: **Emerging Technologies for Food Processing**, p. 181-212, 2014.

RIBEIRO, C. A. S.; AGUIAR-OLIVEIRA, E.; MALDONADO, R. R. Optimization of osmotic dehydration of pear followed by conventional drying and their sensory quality. **LWT - Food Science and Technology**, v. 72, p. 407-415, 2016.

ROBBERS, M.; SINGH, R. P.; CUNHA, L. M. Osmotic-Convective Dehydrofreezing Process for Drying Kiwifruit. **Journal of Food Science**, v. 62, n. 5, p. 1039-1042, 1997.

RODRIGUES, S., GOMES, M. C., GALLÃO, M. I., FERNANDES, F. A. Effect of ultrasound-assisted osmotic dehydration on cell structure of sapotas. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 89, n. 4, p. 665–670, 2009.

RUIZ, Y. et al. Use of spent osmotic solutions for the production of fructooligosaccharides by *Aspergillus oryzae* N74. **Food Science and Technology International**, v. 20, n. 5, p. 365-372, 2014.

RUSKOVA, M. ; ALEKSANDROV, S. ; PETROVA, T. ; BAKALOV, I. ; GOTCHEVA, V. ; PENOV, N. Effect of osmotic dehydration variables on the water loss of blackcurrants. **Journal of Food and Packaging Science, Technique and Technologies**, v. 10, p. 10-13, 2016.

SANJINEZ ARGANDOÑA, E. J.. **Goiabas desidratadas osmoticamente e secas: avaliação de um sistema osmótico semicontínuo, da secagem e da qualidade**. 2005. 172p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/255173>>. Acesso em: 4 jul. 2020.

SANTOS, G. J.; CAMPAÑONE, L. A. Application of osmotic dehydration and microwave drying to strawberries coated with edible films. **Drying Technology**, v. 37, n. 8, p. 1002-1012, 2019.

SRITONGTAE, B.; MAHAWANICH, T.; DUANGMAL, K. Drying of osmosed cantaloupe: Effect of polyols on drying and water mobility. **Drying Technology**, v. 29, n. 5, p. 527-535, 2011.

TIWARI, R. B. Application of osmo-air dehydration for processing of tropical fruits in rural areas. **Indian Food Ind**, v. 24, n. 6, p. 62-69, 2005.

TORTOE, C. et al. Artificial neural networks in modeling osmotic dehydration of foods. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 32, n. 2, p. 270-285, 2008.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS. Biblioteca Universitária. **Manual de normalização e estrutura de trabalhos acadêmicos: TCCs, monografias, dissertações e teses**. 2. ed. rev., atual. e ampl. Lavras, 2016. Disponível em: <<http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/11017>>. Acesso em: 14 de jul de 2020.

WARCZOK, J. Concentration of osmotic dehydration solutions using membrane separation processes. **Ph.D. Thesis**, Rovirai Virgili University, p. 3-21, 2005.

WARCZOK, J. et al. Application of osmotic membrane distillation for reconcentration of sugar solutions from osmotic dehydration. **Separation and Purification Technology**, v. 57, n. 3, p. 425-429, 2007.

WRAY, D.; RAMASWAMY, H. S. Microwave-osmotic dehydration of cranberries under continuous flow medium spray conditions. **International Journal of Microwave Science and Technology**, v.48, n. 1, p. 28-34, 2013.

YADAV, A. K.; SINGH, S. V. Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review. **Journal of Food Science and Technology**, v.51, n. 9, p. 1654-1673, 2014.