

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E TECNOLOGIA
CURSO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO



PÂMELA CRISTINA RODRIGUES DA COSTA

**OTIMIZAÇÃO DA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA COM NaCl EM
RODELAS DE CENOURAS SEGUIDO DE SECAGEM
CONVECTIVA**

BELÉM
2019

PÂMELA CRISTINA RODRIGUES DA COSTA

**Otimização da desidratação osmótica com NaCl em rodela de
cenouras seguido de secagem convectiva**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como Requisito parcial para obtenção do
grau de Tecnólogo de Alimentos da
Universidade do Estado do Pará.

Orientadora: Prof (a). M.Sc. Silvana Neves de Melo
Co-Orientadora Prof. D.Sc. Mirla de Nazaré Nascimento Miranda.

BELÉM

2019

PÂMELA CRISTINA RODRIGUES DA COSTA

**Otimização da desidratação osmótica com NaCl em rodela de
cenouras seguido de secagem convectiva**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como Requisito parcial para obtenção do
grau de Tecnólogo de Alimentos, da
Universidade do Estado do Pará.

Orientadora: Prof^a. M.Sc. Silvana Neves de Melo
e Co-Orientadora: Prof^a. D. Sc. Mirla de Nazaré Nascimento Miranda.

Data de aprovação: 18 / 10 / 2019

Banca Examinadora

Silvana Neves de Melo

Prof^a. M.Sc. Silvana Neves de Melo

Universidade do Estado do Pará – UEPA

Orientadora

Mirla Miranda

Prof^a. D.Sc. Mirla de Nazaré Nascimento Miranda

Universidade do Estado do Pará – UEPA

Co-Orientadora

Carmelita de Fátima Amaral Ribeiro

Prof^a. D.Sc. Carmelita de Fátima do Amaral Ribeiro

Universidade do Estado do Pará

Maricely Janette Uria Toro

Prof^a. D.Sc. Maricely Janette Uria Toro

Universidade do Estado do Pará

BELEM

2019

AGRADECIMENTOS

Nessa vida, ninguém caminho sozinho e desde o meu ingresso no curso de Tecnologia de Alimentos no dia 15 de fevereiro de 2016 pude cada vez mais perceber que precisamos de todos! Chegar até esse momento e escrever esse texto com lágrimas nos olhos não faria sentido se não estivesse com cada um de vocês, pais, familiares, amigos, mestres e principalmente, meu querido Deus. E é a Ele a quem primordialmente meus agradecimentos se direcionam. O obrigado por todas as oportunidades que a mim chegaram por Seu intermédio, pelo fôlego, força, coragem para enfrentar os dias na busca pelos meus objetivos, pelos caminhos que foram guiados para que esse momento tão importante chegasse.

Obrigada aos meus pais, Andréa Rodrigues e Dário Costa, meus fies companheiros, sempre acreditando em meu potencial, investindo em mim, me oferecendo atenção, paciência, aconchego, principalmente nos momentos mais precisos. Sobretudo a minha mãezinha, que sorriu e chorou comigo, nos altos e baixos da vida acadêmica. Tudo o que sou devo a vocês!

Aos meus queridos avós, tios, tias, os primos, amigos da família (Tio Daniel, Tia Luiza, Tia Michelle), as minhas eternas amigas Lorena, Tatiana, Amanda, Ivelyn, Mariana e Aline. Todos sempre estavam e estão torcendo por mim, comemoravam de maneira única cada vitória, sonharam comigo a minha entrada na Universidade. Minha querida avó, Maria Benedita, que sempre me acolheu em sua casa, durante as semanas de aula, me oferecendo bem-estar, amor e palavras de incentivo, assim como todas que ali estavam. Obrigada!

A cada um dos meus mestres, que compartilharam experiências, que ofereceram ajuda, doaram seu tempo, somaram conhecimentos, me inspiraram na busca pelo crescimento pessoal e profissional, especialmente as minhas orientadoras Silvana Melo e Mirla Miranda, que tanto me auxiliariam na construção deste projeto, sendo parceiras desde a minha Iniciação Científica até o nascimento deste trabalho. Foi uma honra trabalhar com vocês!

A professora Maricely Toro, que foi e é como uma mãe para mim, sempre muito solícita e amiga, aceitando fazer parte da banca junto a. professora Carmelita Ribeiro, minha gratidão pelas orientações, pela disposição e atenção que vieram a somar nesta jornada. Gratidão também à professora Luciane Brasil, ao professor Davi Brasil da Engenharia Química, que auxiliariam e permitiram concluir parte das minhas análises na UFPA, vocês foram essenciais!

À Universidade do Estado do Pará, ao meu querido CCNT, meu caloroso agradecimento, pelo acolhimento, pelo auxílio nos momentos precisos, por ser minha segunda casa durante esses 4 anos, pelas oportunidades e descobertas que chegaram até a mim através do curso de Tecnologia de Alimentos, onde eu pude me encontrar como profissional. À FAPESPA, que através do PIBIC contribui grandemente para a realização deste trabalho, o qual vinha sido pensado e produzido desde a Iniciação Científica. Obrigada!

À Coordenação do Curso de TA, pelos auxílios e orientações, aos técnicos dos Laboratórios de Alimentos, de Química, e de Madeira por toda a ajuda no momento das análises. Ao Elivaldo Nunes (colaborador do Laboratório de Alimentos do Campus de Salvaterra), pelo auxílio na análise de fibras, meu muitíssimo obrigado!

As minhas meninas, Caroline Ramos, Amanda Ramos, Camila Luz, Yara Ramos, Ynara Costa, Yasmim Rodrigues, Fernanda Borges, Gleuciane Melo. Obrigada pelos risos, abraços, pelos passeios, pelos aniversários supressas, pelo apoio nos momentos de angústia e aflição, pela luz que trouxeram pra minha vida! Sem dúvida a vida de UEPA com vocês será inesquecível!

Obrigada a cada um que tive o privilégio de conhecer nesta jornada, as amigas que tive oportunidade de fazer, pessoas incríveis e admiráveis que tive a honra de conhecer e trabalhar. Obrigada até mesmo aos que não estão, infelizmente, presentes como gostaria que estivessem, todos de alguma forma somaram, trouxeram boas energia e inspiração, conhecimentos e a certeza que de estou onde deveria estar e de que a caminhada apenas começou!

Dedico este trabalho aos meus queridos pais,
Andréa Rodrigues e Dário Costa, parceiros de todas as horas,
minha inspiração e porto seguro. Amor incondicional!

Eu só enxerguei mais alto
porque subi em ombro de gigantes.

RESUMO

COSTA, P. C. R. 2019. **Otimização da desidratação osmótica com NaCl em rodela de cenouras seguido de secagem convectiva.** Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Tecnologia de Alimentos) – Universidade do Estado do Pará, Belém, 2019.

A desidratação osmótica surge como uma alternativa para a elaboração e conservação de produtos alimentícios, propiciando alterações mínimas às propriedades nutricionais destes. Com isso, o objetivo deste trabalho consistiu em estudar os efeitos das variáveis tempo e concentração de NaCl na desidratação osmótica quanto a perda de carotenoides e a perda de massa em rodela de cenouras, bem como otimizar o processo utilizando a metodologia de superfície de resposta. Para isso foram utilizadas raízes cortadas em rodela de aproximadamente 2 mm de espessura. O pré-tratamento osmótico seguiu o planejamento fatorial completo 2^2 , utilizando-se concentrações de 1 e 5% de NaCl em tempos de 30 e 60 minutos, tendo por ponto central (3%/45min), em triplicata. Ao término da desidratação osmótica as rodela passaram por secagem convectiva em estufa, com circulação de ar a 70°C/2h, pré-determinados pela curva de secagem, seguido de armazenagem em sacos herméticos de polietileno e armazenadas em dessecador para determinação de pH, sólidos solúveis totais, carotenoides totais, perda de carotenoides, perda de massa e cloretos. A composição físico-química das amostras *in natura* apresentou valores médios de 5,3 para pH; 7,7 °B para SST; 0,96% para a acidez em ácido cítrico; 89,78% de umidade; 0,48% de lipídios; 0,79% de fibra bruta; 1,07% de cinzas; 1,5% de proteínas; 6,36% de carboidratos; para carotenoides totais, 1016,51 µg/g e cloretos, 0,029%. Já os resultados obtidos das variáveis de respostas de pH, SST, carotenoides totais, perda de carotenoides, perda de massa e cloretos, dentro da faixa de concentração de NaCl e de tempo de desidratação osmótica estudados, variaram de 6,02 a 6,61; 31,64 a 64,13 °B, para o teor de carotenoides e para a perda de carotenoides variaram de 623,55 a 966,29 µg/mg e de 132,81 a 475,99, já para a perda de massa e cloretos, os valores variaram de 6,96 a 10,27% e de 0,67 a 3,37%. Através dos resultados avaliados pode-se concluir que a Perda de Carotenoides e a Perda de Massa sofreram efeito significativo, do tempo da e concentração da solução osmótica e os modelos obtidos além de apresentarem significância, são preditivos.

Palavras-Chave: Carotenoides, NaCl, secagem, perda de massa

ABSTRACT

COSTA, P. C. R. 2019. **Otimização da desidratação osmótica com NaCl em rodela de cenouras seguido de secagem convectiva.** Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Tecnologia de Alimentos) – Universidade do Estado do Pará, Belém, 2019.

Osmotic dehydration emerges as an alternative for the elaboration and preservation of food products, providing minimal alterations to the nutritional properties of these. Thus, the objective of this study was to study the effects of the variables time and concentration of NaCl on osmotic dehydration as to the loss of carotenoids and the loss of mass in slices of carrots, as well as optimizing the process using the methodology of Response surface. For this, roots cut in slices of approximately 2 mm thickness were used. The osmotic pre-treatment followed the complete factorial design 2^2 , using concentrations of 1 and 5% NaCl in times of 30 and 60 minutes, with central point (3%/45min), in triplicate. At the end of osmotic dehydration, the slices underwent convective drying in a greenhouse, with air circulation at 70 °C/2h, predetermined by the drying curve, followed by storage in airtight polyethylene bags and stored in a desiccator for determination of pH, total soluble solids, total carotenoids, loss of carotenoids, loss of mass and chlorides. The physicochemical composition of the *in natura* samples showed mean values of 5.3 for pH; 7.7 ° B for SST; 0.96% for acidity in citric acid; 89.78% Humidity; 0.48% of lipids; 0.79% of crude fiber; 1.07% Ash; 1.5% protein; 6.36% carbohydrates; for total carotenoids, 1016.51 µg/g and chlorides, 0.029%. The results obtained from the variables of pH, SST, total carotenoids, loss of carotenoids, loss of mass and chlorides, within the NaCl concentration range and the osmotic dehydration time studied ranged from 6.02 to 6.61; 31.64 to 64.13 ° B, for the carotenoid content and for the loss of carotenoids ranged from 623.55 to 966.29 µg/g and from 132.81 to 475.99, for the loss of mass and chlorides, the values ranged from 6.96 to 10.27% and from 0.67 to 3.37%. Through the results evaluated, it can be concluded that the loss of carotenoids and the loss of mass suffered significant effect, the time of the osmotic solution concentration and the models obtained besides presenting significance, are predictive.

Key-Words: Carotenoids, NaCl, drying, mass loss

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

NaCl – Cloreto de Sódio
mm – milímetros
ml - mililitro
% - porcentagem
min - minutos
°C – graus Celsius
h - hora
pH – potencial hidrôgênico
°Brix – grau Brix
µg/g – micrograma por grama
SST – Sólidos Solúveis Totais
g - gramas
kcal – kilocalorias
mg - miligramas
R² – coeficiente de determinação
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations
DO – Desidratação Osmótica
CCNT – Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
AOCS - American Oil Chemists' Society
cm - centímetros
M – Molaridade
PE – Peso Equivalente
fc – fator de correção
V – volume gasto na titulação
P – n° de gramas da amostra
prf – peso final do reboiler
pi – peso inicial do reboiler
Pa - peso da amostra após digestão ácida-alkalina;
Pa1 - peso da amostra após digestão ácida-alkalina + peso do papel filtro;
Pf - peso do papel filtro;
Pb - peso dos resíduos minerais fixos;
Pb1 - peso dos resíduos minerais fixos + peso do cadinho;
Pcd - peso do cadinho
Nc - n° de gramas de cinzas
N - % de nitrogênio
VA - volume gasto na titulação da amostra
VB - volume gasto na titulação do branco
N - normalidade da solução
U - umidade;
P - proteínas;
L - lipídios;
CZ - cinzas;
F - fibras;
C – carboidratos
nm - manômetro
Abs - absorvância
E1cm1% - coeficiente de absorvidade molar
MDO - massa após a desidratação osmótica;

MSec - massa após a secagem;

PM - perda de massa

CB - carotenoides totais das rodela secas sem o pré-tratamento osmótico;

CT - carotenoides totais das rodela de cenouras com o pré-tratamento osmótico seguido de secagem;

PC - perda de carotenoides.

C – concentração de NaCl

t – tempo de imersão

ANOVA – Análise de Variância

USDA - United State Department of Agriculture

TACO – Tabela Brasileira de Composição de Alimentos

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 01 - Acidez expressa em ácido cítrico	44
Equação 02 - Umidade	45
Equação 03 - Lipídios	45
Equação 04 - Fibra bruta	46
Equação 05 - Cinzas	46
Equação 06 - Proteínas	47
Equação 07 - Carboidratos	47
Equação 08 - Cloretos	48
Equação 09 - Carotenoides totais	48
Equação 10 – Perda de massa	49
Equação 11 - Perda de carotenoides	49
Equação 12- Modelo de ajuste para a perda de carotenoides	59
Equação 13 - Modelo de ajuste para a perda de massa	61
Equação 14 – Modelo de ajuste para teor de carotenoides	64
Equação 15 – Modelo de ajuste para cloretos	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Divisão morfológica da raiz cenoura	20
Figura 2 - Estruturas moleculares dos principais carotenoides	22
Figura 3 - Esquema da desidratação osmótica	27
Figura 4 - Mecanismo de migração da água para superfície do alimento durante a secagem convectiva	33
Figura 5 – Curva de secagem e sua divisão de períodos	35
Figura 6 – Cenouras utilizadas no pré-tratamento osmótico	39
Figura 7 – Raízes de cenouras em processo de sanitização	39
Figura 8 – Rodelas de cenouras utilizadas no experimento	40
Figura 9 – Soluções osmóticas sob aquecimento	40
Figura 10 – Rodelas de cenoura durante o processo de desidratação osmótica	41
Figura 11 – a) Rodelas de cenoura após o processo de desidratação osmótica; b) Amostras organizadas e preparadas para secagem	42
Figura 12 – Armazenamento das amostras desidratadas	42
Figura 13 - Fluxograma do processamento de cenoura em rodelas para serem submetidas a desidratação	43
Figura 14 – Curva secagem das rodelas de cenoura	53
Figura 15 – Amostras de cenoura após a secagem em estufa	54
Figura 16 - Diagrama de Pareto para a perda de carotenoides	59
Figura 17 - Gráfico de superfície de resposta para a perda de carotenoides	60
Figura 18 - Diagrama de Pareto para a perda de massa	61
Figura 19 - Gráfico de superfície de resposta para perda de massa	62
Figura 20 - Diagramas de Pareto para o teor de carotenoides e cloretos	64
Figura 21 - Diagramas de Pareto para os sólidos solúveis totais (SST) e pH	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição nutricional de 100 g de cenoura crua	21
Tabela 2 - Disponibilidade de β -caroteno e α -caroteno em diferentes hortaliças	24
Tabela 3 – Matriz do planejamento fatorial completo 2^2 com ponto central para a realização do pré-tratamento osmótico	43
Tabela 4 – Caracterização físico-química da cenoura <i>in natura</i>	50
Tabela 5 – Resultados das análises do branco tratamento	54
Tabela 6 – Resultados experimentais do planejamento fatorial completo 2^2 com ponto central em triplicata	55
Tabela 7 - Análise de Variância (ANOVA) para a variável perda de carotenoides	59
Tabela 8 - Análise de Variância (ANOVA) para a variável perda de massa	62
Tabela 9 - Análise de Variância (ANOVA) para a variável carotenoides	66
Tabela 10 - Análise de Variância (ANOVA) para a variável cloretos	66
Tabela 11 - Análise de Variância (ANOVA) para a variável sólidos solúveis totais (SST)	67
Tabela 12 - Análise de Variância (ANOVA) para a variável pH	67

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	OBJETIVOS	19
	2.1 OBJETIVO GERAL.....	19
	2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
	3.1 CENOURA	20
	3.1.1 Origem e morfologia.....	20
	3.1.2 Características nutricionais.....	20
	3.1.3 Carotenoides.....	22
	3.1.4 Produção e consumo	24
	3.2 DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA	25
	3.3 VARIÁVEIS DO PROCESSO DE DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA.....	28
	3.4 O USO CLORETO DE SÓDIO NA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA	32
	3.5 SECAGEM	33
	3.6 A INFLUÊNCIA DO PRÉ-TRATAMENTO OSMÓTICO NA SECAGEM	37
4	MATERIAL E MÉTODOS	38
	4.1 MATERIAL	38
	4.1.1 Matéria Prima	38
	4.1.2 Preparo das amostras de cenouras	39
	4.1.3 Material para o preparo das soluções osmóticas	40
	4.2 MÉTODOS	40
	4.2.1 Curva de secagem das rodela de cenoura <i>in natura</i>.....	40
	4.2.2 Desidratação Osmótica.....	41
	4.2.3 Secagem.....	41
	4.3 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL	43
	4.4 MÉTODOS ANALÍTICOS	44

4.4.1 Análises Físico-Químicas	44
4.4.2 Avaliação do Processo de Desidratação Osmótica	49
4.4.3 Análise Estatística	50
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
5.1 MATÉRIA-PRIMA	50
5.2 CURVA DE SECAGEM	53
5.3 RESULTADOS EXPERIMENTAIS PARA AS VARIÁVEIS DO PROCESSO	54
6 CONCLUSÃO	68
REFERÊNCIAS	69

1 INTRODUÇÃO

A cenoura (*Daucus carota* L.) apresenta-se como sendo uma raiz tuberosa comestível, com registro de cultivo por todo o território brasileiro segundo informações de Matos et al. (2011). De sabor agradável e com elevado conteúdo de carotenoides, com destaque para o β -caroteno (TEÓFILO et al., 2009; ANDREOLA 2013).

O vegetal possui em sua constituição alto teor de umidade o que pode favorecer o desenvolvimento microbiano e as deteriorações de origem físico-química. Devido a isso, alguns processos tecnológicos voltados à conservação de alimentos vêm sendo aplicados a esta matéria prima com o intuito de garantir maior tempo de vida útil, dentre estes se tem a secagem (LIMA; PORCINCULA, 2018).

De acordo com os autores citados anteriormente, durante a secagem os mecanismos de transferência de calor e de massa, agem simultaneamente, onde alterações nas características macroscópicas do produto ocorrem, causando deterioração na estrutura celular podendo reduzir a qualidade, quando comparado ao produto *in natura*, devido ao forte encolhimento da matriz sólida e a degradação térmica.

Fante et al. (2011) e Corrêa et al. (2014) ressaltam que a exposição do produto a temperaturas elevadas por longos períodos pode causar perdas nutricionais e sensoriais.

Segundo Lima; Porcincula, (2018) as principais deteriorações nos alimentos secos estão diretamente relacionadas à textura, causada principalmente pela gelatinização do amido, assim como alterações no sabor e aroma, devido à perda de compostos voláteis e alterações na cor e no valor nutricional.

Entretanto, de acordo com Mai et al. (2015) um outro procedimento conhecido como desidratação osmótica pode vir a auxiliar na minimização da perda da qualidade, diminuindo os danos causados pelo calor à cor, à textura e ao sabor do alimento, além de levar a redução de tempo de secagem.

A desidratação osmótica é definida como uma técnica, onde o alimento (inteiro ou em pedaços) é imerso em solução hipertônica para a retirada parcial da água dos tecidos celulares, e esta remoção acontece devido à diferença no

gradiente de pressão entre a solução e o alimento (KHAN, 2012; LIMA, 2013; CORRÊA et al., 2014).

Khan (2012) cita que neste processo há dois fluxos de massa simultâneos: fluxo de água do alimento para a solução devido à diferença na pressão osmótica e transferência simultânea de soluto da solução para o alimento, devido aos gradientes de concentração.

Mai et al., (2015) ressaltaram que dentre os principais solutos utilizados no processo de desidratação osmótica, tem-se o cloreto de sódio (NaCl), e que este é um excelente agente desidratante para vegetais, contudo chamam atenção para a sua limitação quanto ao uso, para que não haja a incorporação excessiva de soluto pelo alimento.

A combinação de processos de pré-desidratação por imersão-impregnação (desidratação osmótica) e secagem por convecção (desidratação em estufa com circulação de ar), pode permitir a obtenção de produtos desidratados que conservem características sensoriais e nutricionais mais próximas daquelas observadas nos vegetais *in natura* (ANDRADE, 2017).

Para as cenouras, no processo de desidratação, a qualidade desejada do produto seco é cor homogênea, alta concentração de sólidos, não apresentar fibras duras e alta capacidade de reidratação (LIMA; PORCINCULA, 2018).

O estudo das variáveis de processo durante a desidratação osmótica utilizada como pré-tratamento da secagem visa minimizar alterações decorridas deste processo, aplicando condições adequadas para cada tipo de produto em particular. Sendo assim, alguns produtos ao serem desidratados, conseguem manter suas características físicas e nutritivas e, quando reidratados, conseguem retornar próximo ao seu aspecto natural (JERÔNIMO, 2013).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Otimizar o processo de desidratação osmótica com NaCl, analisando os efeitos da concentração e do tempo de imersão sobre a perda de carotenoides e a perda de massa em rodela de cenouras desidratadas, fazendo o uso da metodologia de superfície de resposta.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar a composição centesimal das amostras *in natura*;
- Determinar a curva de secagem das rodela de cenoura;
- Realizar o pré-tratamento osmótico de acordo com o planejamento experimental fatorial 2^2 com ponto central;
- Realizar a secagem convectiva;
- Realizar a determinação as análises físico-químicas de carotenoides totais, cloretos, teor de SST, pH nas amostras *in natura*, após o pré-tratamento osmótico seguido de secagem e no branco do tratamento;
- Determinar a perda de massa e perda de carotenoides das rodela submetidas aos tratamentos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CENOURA

3.1.1 Origem e morfologia

A cenoura (*Daucus carota* L.) tem sua origem no Oriente Médio, mais precisamente no Afeganistão, sendo uma planta pertencente à família botânica *Apiaceae*, e fazendo parte do grupo das raízes tuberosas de estimável valor econômico, por ser comestível e consumida por todo o mundo. Apresenta-se de formato reto, alongado e coloração alaranjada intensa (CALADO, 2014; CARVALHO et al., 2016; DELMIRO, 2016).

Morfologicamente, a raiz pode ser dividida em: caule, colo, ombro, lenticelas e ápice. Sua parte interior inclui o córtex e coração como pode ser observado na figura 1.

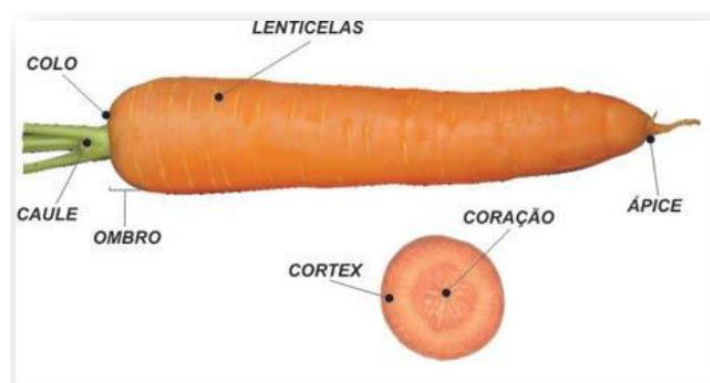


Figura 1 - Divisão morfológica da raiz cenoura (*Daucus carota* L.).
Fonte: CALADO, 2014.

Segundo Silva (2013) a cenoura comporta-se como um vegetal bianual, onde seus valores ótimos para desenvolvimento situam-se nas faixas de temperaturas entre 15 e 18 °C. Podendo apresentar-se com uma grande diversidade de forma, comprimento e cor. Porém, a raiz na maioria das vezes apresenta-se na coloração laranja intensa (SILVA, 2013; CALADO, 2014).

3.1.2 Características nutricionais

Do ponto de vista nutricional, a cenoura contém carboidratos “disponíveis”; fibras alimentares; proteínas; lipídios; minerais (cálcio, magnésio, potássio, sódio, fósforo, manganês, ferro, cobre e zinco); vitamina C; e carotenoides, com destaque para o β -caroteno (SILVA et al., 2016).

O β -caroteno representa de 45 a 70% dos carotenoides totais da cenoura, sendo este um antioxidante lipossolúvel capaz de neutralizar os radicais livres ao se combinar diretamente com eles, influenciando na eficácia do sistema imune, segundo Farina et al. (2007).

A tabela 1 apresenta alguns dos principais compostos nutricionais presentes em 100 gramas de cenoura crua.

Tabela 1 – Composição nutricional de 100 g de cenoura crua.

Componente	Quantidade	Unidade
Calorias	43	kcal
Gorduras	0,19	g
Carboidratos	10,14	g
Fibras	3,00	g
Proteínas	1,03	g
Sódio	35,00	mg
Potássio	323,00	mg
Cálcio	27,00	mg
Ferro	0,50	mg
Zinco	0,20	mg
Vitamina A	12,00	UI
Vitamina C	9,00	mg
Vitamina E	0,46	Mg

Fonte: EMBRAPA, 2017.

Segundo estudos de Bellon, (2016) a composição química da cenoura pode variar devido a fatores genéticos e condições de cultivo tais como: sistemas, tipos e propriedades físicas do solo, época de plantio, temperatura durante a estação de crescimento da cultura, além da fertilização, densidades de plantio e época de colheita.

Farina et al. (2007) destacam os efeitos fisiológicos do consumo deste vegetal, tais como: a manutenção da visão e combate aos problemas visuais devido à carência de Vitamina A; o β -caroteno, em conjunto com a vitamina C, ambos presentes na cenoura, contribuem para reduzir o risco de catarata; atuam na conservação e manutenção das membranas, mucosas, pele e ossos; além de ser um diurético natural e depurativo, devido à vitamina B6, ainda auxiliam ao bom funcionamento do sistema digestivo (TAWATA, 2010).

Para Leite (2018), os estudos sobre as características morfológicas e os aspectos nutritivos das cenouras demonstram a importância de desenvolver

metodologias que causem a menor perda possível de suas capacidades nutritivas.

3.1.3 Carotenoides

Constituem um grupo de pigmentos lipossolúveis capazes de conferir cores, que vão do amarelo ao vermelho (Kuzina, 2014). São compostos bioativos, poli-insaturados, sintetizados unicamente pelos vegetais, e um dos mais importantes grupos de pigmentos naturais encontrados na natureza (VERONEZI; JORGE, 2011).

A estrutura básica contém 40 átomos de carbono (C_{40}), com ligações duplas conjugadas e a sua divisão pode ser feita em dois grandes grupos como pode ser observado na figura 2: (a) carotenos ou carotenoides hidrocarbonos: compostos apenas de carbono e hidrogênio como α e β -caroteno e licopeno) e (b) xantolas: derivados oxigenados dos carotenos contendo pelo menos uma função hidroxí, ceto, epóxi, metoxi ou ácido carboxílico como a luteína, zeaxantina e astaxantina (SILVA et al., 2010; MESQUITA; TORQUILLO, 2016).

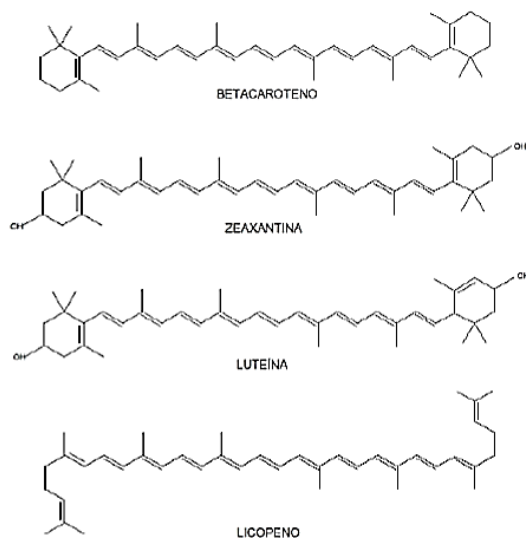


Figura 2 - Estruturas moleculares dos principais carotenoides dos grupos dos carotenos (betacaroteno e licopeno) e das xantolas (zeaxantina e luteína).

Fonte: KUZINA, 2014.

O esqueleto básico dessas moléculas pode sofrer modificações, devido à ciclização, hidrogenação, desidrogenação, introdução de grupos contendo oxigênio, rearranjos, encurtamento de cadeias ou combinações dessas modificações. Como consequência ocorre à perda de cor, da atividade

biológica e a formação de compostos voláteis que provocam sabores indesejáveis, embora sejam moderadamente termoestáveis (VERONEZI; JORGE, 2011).

Segundo Nascimento (2006) as estruturas dos carotenoides influenciam diretamente as suas propriedades físico-químicas, funções e ações. A capacidade de absorver luz na região visível e, conseqüentemente o poder corante, deve-se ao sistema dessas duplas ligações conjugadas presente no mesmo.

Para os autores citados anteriormente são necessárias, no mínimo, sete duplas ligações conjugadas para que um carotenoide seja colorido, como no caso do ζ -caroteno que confere uma coloração amarela ao maracujá. À medida que o sistema conjugado aumenta, a cor também se intensifica; portanto, o licopeno com 11 duplas ligações conjugadas, colore o tomate de vermelho.

Em cenouras, os carotenoides são os principais pigmentos responsáveis pela sua coloração. O β -caroteno constitui a maior parte (60-80 %) nesta hortaliça, seguido do α -caroteno (10-40 %), luteína (1-5 %) e outros menores carotenoides que variam de 0,1-1 % (CALADO, 2014).

O β -caroteno é de especial interesse por ser convertido em vitamina A, já o α -caroteno é relatado com a segunda maior atividade vitamínica A, ficando em torno de 50 %. O β -caroteno é o principal pigmento das raízes de cenouras alaranjadas e corresponde em até 90 % dos carotenoides totais da hortaliça, em contrapartida, o α -caroteno varia entre 10 e 30% da fração de carotenoides totais. A fração restante corresponde a outros carotenoides, entre eles, γ -caroteno, ζ -caroteno, β -zeacaroteno e licopeno. (ANDREOLA, 2013 DELMIRO, 2016).

A tabela 2 apresenta a comparação entre a cenoura e outros tipos de hortaliças quanto à disponibilidade do β e do α -caroteno.

Tabela 2 – Disponibilidade de β -caroteno e α -caroteno em diferentes hortaliças.

Hortaliças	β - caroteno ($\mu\text{g}/100\text{g}$)	α -caroteno ($\mu\text{g}/100\text{g}$)
Cenouras	7.900	3.700
Brócolis	4	-
Aspargos	449	9
Alface	1900	1
Tomate	520	-
Abobora	3.100	3,8

Fonte: Adaptado de Delmiro, 2016.

3.1.4 Produção e consumo

A cenoura uma das principais hortaliças de grande importância econômica cultivadas no mundo (Corrêa et al., 2018). A produção mundial de cenouras em 2015, segundo a Food and Agriculture Organization (FAO), foi de aproximadamente 37,1 milhões de toneladas, sendo a China o maior produtor de cenoura no mundo, seguida do Uzbequistão (FAO, 2016).

Pode ser encontrada cultivada em quase todo o território brasileiro (Corrêa; Cardoso, 2017; Medonça et al., 2016). A produção nacional em 2014 foi de 760,32 mil toneladas, cultivadas em uma área de 24.560 hectares, o que proporcionou uma produtividade média de 31,0 t ha (SANTOS et al., 2015).

Esta hortaliça está entre as mais consumidas pelos brasileiros. Tendo por principal forma de consumo a *in natura*, contudo, a mudança de estilo de vida das pessoas tem aumentado a demanda por alimentos práticos, previamente modificados, mas que possuam os nutrientes preservados (DELMIRO, 2016).

Também é observada a utilização da raiz como matéria-prima para indústrias processadoras de alimentos, que a comercializam na forma minimamente processada (mini-cenouras, cubos, ralada, em rodela) ou como seleta de legumes, alimentos infantis e sopas instantâneas (PIGOLI et al., 2014; EMBRAPA, 2017).

O consumo da cenoura e de seus produtos correlacionados se dá devido à sua atividade antioxidante e o teor de betacarotenos presentes (Silveira 2014). Devido a isto, esta tem sido acrescentada como ingredientes para elaboração de diversos produtos, como pães, biscoitos, snacks, sopas

desidratadas e patês (MONTILLA et al., 2013; TIAN et al., 2013; ZENG et al., 2014).

Segundo Fan et al., (2004) para maximizar o uso da cenoura como uma fonte de vitamina A, é importante encontrar um método de processamento apropriado para manufaturar a cenoura e, obter produtos que tenham a preferência dos consumidores mas que mantenha a fonte vitamínica da cenoura. A produção de chips de cenoura por fritura, apesar de conter lipídios, são uma ótima fonte alimentícia e de vitamina A. Os chips da cenoura, empacotadas em embalagens opacas sob o vácuo parcial, podem ser armazenadas por no mínimo 5 meses, com pequenas perdas das propriedades físico-químicas, dos carotenoides e dos atributos sensoriais.

Koca et al., (2005) afirmaram que as cenouras desidratadas estão sendo usadas como um ingrediente em sopas ou refeições instantâneas. Os autores relatam que além dessa opção, as cenouras desidratadas configuram também como um candidato excelente para alimentos como petiscos, se o valor nutricional for bem preservado. A estabilidade dos carotenoides e da cor durante o processamento e o armazenamento são importante para manter o produto final atrativo e aceitável.

3.2 DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA

Em virtude da grande procura por alimentos associados a uma vida saudável, a indústria alimentícia busca cada vez mais inovações, métodos de processamento/conservação que possam manter as qualidades organolépticas do alimento e que possam aumentar a sua vida de prateleira.

As perdas pós-colheita de vegetais ocorrem por diversas causas, entre as quais se destacam os danos microbiológicos e fisiológicos, que prejudicam a comercialização final do produto. A conservação pós-colheita da cenoura está relacionada a fatores de sensibilidade ao oxigênio, à luz e ao calor, levando à sua degradação química e oxidativa, com formação de radicais livres e oxidados das vitaminas (BELLON, 2016).

Kruger e Dalagnol (2014) reforçam como uma das principais causas da deterioração de alimentos frescos e conservados, a quantidade de água livre presente neles. A diminuição da atividade de água pode ser obtida com a

desidratação da fruta e/ou hortaliça, conseqüentemente contribuindo para a conservação e uso prolongado destas.

A desidratação é utilizada na preservação dos alimentos, quando se busca reduzir a quantidade de água livre, responsável pelas principais causas de deterioração nos alimentos (PEREZ et al., 2013)

A desidratação osmótica (DO), ou alternativamente denominada impregnação ou saturação, busca transformar alimentos perecíveis em novos produtos com valor agregado e com maior vida de prateleira. Neste processo ocorre a remoção de água em que as matérias primas são submetidas à imersão em solução hipertônica que tenha alta pressão osmótica, não necessitando de controles rigorosos durante o processo (DA SILVA et al., 2014; EGEA; LOBATO, 2014).

Para Silveira (2014) pode-se imergir o vegetal, inteiro ou em pedaços, em uma solução hipertônica (salina ou açucarada) para remoção parcial da água do produto resultando em três tipos de fluxos, devido à diferença de concentração entre o agente osmótico (açúcar ou sal) e o produto.

De acordo com o autor citado anteriormente ocorre a saída de água do tecido do alimento para a solução osmótica, e a transferência de soluto da solução osmótica para o tecido do alimento. Estes dois fenômenos ocorrem em fluxos simultâneos e contra correntes, através das paredes celulares do alimento. O terceiro fluxo por sua vez, consiste em uma lixiviação dos solutos naturais do tecido do alimento (açúcares, ácidos orgânicos, minerais, vitaminas) para solução osmótica. Esta transferência é quantitativamente insignificante quando comparada com os dois primeiros fluxos. A força motriz para remoção de água acontece por diferença de pressão osmótica entre o produto e a solução.

O uso do método busca obter produtos com característica nutricionais preservadas, minimizando perdas pós-colheita, sendo uma alternativa tecnológica simples e de baixo custo energético comparado a outros métodos de desidratação (SILVA et al., 2015a).

Para Mai et al., (2015) é uma ferramenta importante para se desenvolver novos produtos derivados de vegetais, com valor agregado e com propriedades funcionais.

A figura 3 a seguir representa um esquema ilustrativo do processo da desidratação osmótica.

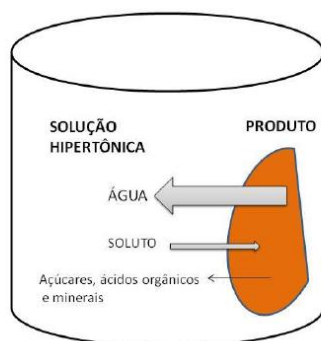


Figura 3 - Esquema da desidratação osmótica.
Fonte: SILVEIRA, 2014

Alguns fatores interferem na taxa de perda de água e na incorporação de solutos, como por exemplo, em relação ao material: a variedade, a espécie, o tamanho, a forma, o grau de maturação, já os fatores relacionados ao processo são: composição, temperatura da solução osmótica, tempo de contato e nível de agitação da solução (BRAGA, 2016).

Siqueira (2014) destaca inúmeras vantagens para o uso da desidratação osmótica dentre elas: a preservação das propriedades funcionais e organolépticas dos alimentos; redução do requerimento de energia para retirada de umidade; eliminação de tratamento químico e aumento da estabilidade do produto. Além disso, o uso da DO como pré-processamento ajuda a diminuir a quantidade de energia gasta nas etapas que seguem à desidratação osmótica.

Kruger e Dalagnol (2014) destacam ainda que entre os benefícios desta técnica esta no aumento das taxas de perda de água pelo fruto permitindo atingir um alto grau de desidratação, e a aceleração da difusão de água do alimento que conseqüentemente reduz o tempo total de processo. O fato de manter a duração da desidratação osmótica a mais curta possível contribui para a obtenção de frutas desidratadas de boa qualidade. Essa tecnologia proporciona maior retenção de vitaminas, intensificação do flavor e estabilidade na cor.

A melhora na qualidade dos alimentos que passam pelo processo de desidratação osmótica pode ser atribuída ao uso de operações com

temperaturas moderadas, que podem ser baixas comparadas a outros processamentos (aproximadamente 25 °C) e neste caso, a água é removida do produto sem mudança de fase, conservando a estrutura celular vegetal. A não ocorrência de mudança de fase com a remoção de água na fase líquida faz com que a transferência de massa e de calor sejam eficientes, facilitando os processamentos realizados após a desidratação osmótica (EGEA; LOBATO, 2014).

Egea e Lobato (2014) relatam ainda que no processo da DO ocorre à perda de alguns sólidos naturais do alimento, como açúcares, minerais, entre outros nutrientes, e ganho de sólidos elevado, afetando o perfil nutricional do alimento.

Outro problema relatado pelos autores é o tratamento da solução de desidratação osmótica que ainda não possui um aproveitamento específico e geralmente é usada em grandes proporções de vegetais. Essas soluções, que possuem altas concentrações de sólidos, têm custo elevado e ocasionam um problema quanto a sua reutilização pela dificuldade de controle do processo. No entanto, estudos têm sido realizados com a finalidade de reuso da solução osmótica ou de separação de compostos extraídos do alimento.

A grande limitação do processo de desidratação osmótica tem sido de estabelecer um processo em que essa tecnologia simples possa ser usada de forma a não gerar resíduos e sim co-produtos, em sistema que permita seu uso comercial para pequenos produtores rurais, com níveis baixos de investimento, gerando produtos de boa qualidade e preços competitivos (KRUGER; DALAGNOL, 2014).

3.3 VARIÁVEIS DO PROCESSO DE DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA

Dentre as variáveis que influenciam no processo da desidratação osmótica pode-se citar: fatores de permeabilidade do tecido; o tipo, a concentração do agente osmótico e a temperatura da solução utilizada no processo; agitação do sistema; tempo de imersão, geometria do vegetal a ser desidratado e a pressão do sistema (Lima, 2013). O entendimento dos fatores que afetam o tratamento osmótico é necessário para obter produtos com boa qualidade assim como otimizar o processo de desidratação osmótica (SIQUEIRA, 2014).

a) Permeabilidade do tecido

Geralmente, a membrana semipermeável seria permeada pelas moléculas do solvente, mas não pelas do soluto. Contudo, em frutas ou hortaliças, as barreiras celulares para o transporte de massa são a membrana e a parede celular, as quais são unidades biológicas vivas. Estas membranas celulares compostas de células do parênquima, principalmente, permitem que as moléculas de solvente passem livremente através delas, mas também permitem, em menor grau, a passagem de moléculas de soluto. Dessa forma, durante a DO pode ocorrer perda de turgor da célula, alterações na lamela média e na resistência da parede celular, alterações nas frações de volume de ar e líquido na amostra, além de mudanças na forma e no tamanho do alimento (LIMA, 2013).

Lima (2013) frisa que fatores como composição química (proteína, carboidratos, gordura e sal), estrutura física (porosidade, arranjo de células, orientação das fibras) e pré-tratamentos afetam a permeabilidade da membrana e da parede celular, bem como as diferentes espécies, variedades e graus de maturação dos vegetais também influenciam na cinética da DO. Com relação à maturação as hortaliças, se maduras, apresentam aumento na porosidade do tecido possibilitando maior saída de água, com maior perda de peso. A variedade está relacionada principalmente com a compactação dos tecidos, conteúdo inicial de sólidos solúveis e insolúveis, espaços intercelulares e atividade enzimática da hortaliça.

b) Tipo e concentração do agente osmótico

A escolha do soluto é uma questão fundamental por estar relacionada com as alterações nas propriedades sensoriais e no valor nutricional do produto final, além do custo de processo. Características dos agentes osmóticos usados, como seu peso molecular e comportamento iônico, afetam significativamente a desidratação, tanto na quantidade de água removida quanto no ganho de sólidos (EGEA; LOBATO, 2014).

Segundo Siqueira (2014), o tipo de agente osmótico utilizado e seu peso molecular afetam fortemente a desidratação, demonstrando influência tanto na perda de água quanto no ganho de sólidos.

Os dois tipos mais comuns de solutos usados são os açúcares, como a sacarose (principalmente para frutas) e sais (normalmente para hortaliças, carnes e queijos), com predominância na utilização da sacarose e do cloreto de sódio, nesta ordem. Todavia, outros agentes osmóticos também são comuns como: a glicose, o sorbitol, glicerol, frutose, xarope de glicose, de milho, fruto-oligossacarídeo e suas combinações (LIMA, 2013).

Durante o processo de desidratação, alguns solutos presentes no xarope podem não migrar efetivamente para as células das frutas e hortaliças, mas tão somente penetrar nos espaços intracelulares e ali se alojar, em razão das alterações na permeabilidade e seletividade da estrutura do tecido celular devido à maturação, condições de estocagem e pré-tratamentos químicos sofridos pelo produto. Essa impregnação do soluto no alimento, de certo modo, possibilita a formulação de produtos funcionais e favorece a preservação sensorial e nutricional dos mesmos, sendo um diferencial dentre os demais processos de desidratação (EGEA; LOBATO, 2014).

Diversos estudos com diferentes concentrações de soluções osmóticas apontam para a existência de uma relação direta entre a concentração da solução hipertônica com a perda de água e ganho de sólidos. O aumento da concentração da solução osmótica reduz o tempo de processamento requerido para atingir um dado nível de conteúdo de umidade; além disso, a quantidade de água que pode ser removida do alimento também aumenta (SIQUEIRA, 2014).

Segundo Herman-Lara et al., (2013) o estresse osmótico resultante de uma imersão de um fruto em uma solução super saturada pode resultar em ruptura da membrana celular e aumento da permeabilidade celular, facilitando assim a transferência de massa entre o alimento e o meio osmótico.

c) Tempo de imersão, temperatura e agitação do sistema

No geral, quanto maior o tempo e a temperatura de imersão em solução osmótica maior a incorporação de sólidos nos produtos vegetais. A agitação muito utilizada no processo osmótico por que os fluxos contínuos de entrada de sólidos e saída de água criam gradientes em volta do produto vegetal dificultando a continuidade destes fluxos (EGEA; LOBATO, 2014).

O tempo de imersão é um dos fatores mais importantes a serem considerados durante a desidratação osmótica, e é determinante para a manutenção da integridade da estrutura da parede celular. Alguns alimentos, por apresentar uma parede celular menos rígida e pouco resistente ao processo de desidratação, necessitam de um tempo menor de contato com a solução osmótica. Porém, com o passar do tempo, a membrana celular vai sofrendo modificações e passa a não fornecer uma barreira efetiva para o soluto, ficando este livre para penetrar em todo o tecido vegetal (SIQUEIRA, 2014).

Yadav e Singh (2014) e Mai et al. (2015), frisam que o tempo de imersão eleva a taxa de incorporação de sólidos, sendo que o processo de desidratação osmótica deve ser conduzido em um curto espaço de tempo com intuito de alcançar alto grau de desidratação com um ganho de sólidos relativamente pequeno.

Lima (2013) reconhece que o processo de DO é um fenômeno dependente da temperatura. Altas temperaturas provocam inchaço e plastificação da membrana celular e, a partir disso, a membrana se torna mais permeável à água, facilitando sua perda. Vale ressaltar que temperaturas elevadas geram a diminuição na viscosidade do meio osmótico e da resistência externa à taxa de transferência de massa na superfície do produto, além disso, pode ocorrer o escurecimento enzimático e a deterioração do sabor e temperatura acima de 60°C modificam e danificam as membranas celulares do tecido, favorecendo a impregnação, com consequente ganho de sólidos.

Durante a desidratação osmótica, a agitação visa minimizar os efeitos da resistência externa à transferência de massa por diminuir a viscosidade da solução osmótica. Além disso, a agitação ou circulação do agente desidratante tem por objetivo manter a temperatura e concentração da solução homogênea durante a desidratação osmótica, o que contribui para a maior eficiência do processo. Na sua ausência, pode ocorrer formação de uma camada de solução desidratante ao redor do material, o que pode dificultar a saída de água da fruta para a solução. Deste modo, a agitação garante a renovação da solução desidratante em torno da amostra, evitando assim a saturação de soluto (SIQUEIRA, 2014).

d) Geometria do fruto e a pressão do sistema

Outra variável relevante para a transferência de massa na desidratação osmótica é a geometria e superfície exposta da amostra. A geometria da amostra influencia o comportamento do processamento osmótico devido à variação da área de superfície apresentadas pelas diversas formas geométricas empregadas, de forma que quanto maior a área de contato entre o alimento e a solução osmótica, maior o fluxo de massa entre os dois meios. As formas mais utilizadas para o processamento osmótico são fatias, cubos, cortes ao meio e cilindros (SIQUEIRA, 2014).

A pressão operacional é um fator importante na cinética de transferência de massa durante a DO de alimentos. Usa-se a pressão atmosférica para saber o efeito de fatores como a concentração da solução osmótica, tipo de soluto, temperatura, tempo de imersão e agitação na desidratação (LIMA, 2013).

3.4 O USO CLORETO DE SÓDIO NA DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA

Segundo Mimura et al. (2014), o agente de desidratação osmótico mais utilizado é o cloreto de sódio. O uso do NaCl como agente osmótico é desejável quanto as características organolépticas, já que mantém ou melhora o sabor do produto processado. Assim, é um excelente agente desidratante para vegetais, sendo, porém, que sua utilização é limitada devido à incorporação excessiva de soluto (MAI et al., 2015).

O cloreto de sódio é um agente desidratante indicado para uso em hortaliças e produtos cárneos, pois apresenta alta capacidade de redução da atividade de água e aumenta a força motriz de saída de água do produto. No entanto, em função de sua baixa massa molecular, os produtos tratados com este soluto apresentam elevado ganho de sólidos, o que acentua o sabor salgado, fator que limita seu uso a alguns frutos e vegetais (SIQUEIRA, 2014).

Portanto, estudos relacionados ao uso do cloreto de sódio como agente osmótico, com diferentes tempos e concentrações, torna-se viável quando se deseja estabelecer um controle sobre os efeitos indesejáveis que o mesmo pode produzir no momento na desidratação osmótica de um alimento.

3.5 SECAGEM

A remoção de água do tecido vegetal pode ser feita por desidratação osmótica. Nesta operação, o tecido vegetal é exposto a uma solução relativamente rica em solutos iônicos ou moleculares, os quais induzem a saída de água do vegetal. No entanto, somente essa operação não consegue reduzir a umidade a níveis que possa aumentar a vida de prateleira do produto, pois a atividade de água não é reduzida aos níveis restritivos ao desenvolvimento microbiano. Assim, operações complementares são necessárias; por exemplo, a secagem convectiva (MIMURA et al., 2014).

A secagem é um processo complexo que envolve simultaneamente aplicação de calor e a remoção de água, ou seja, transferência de calor (aquecimento do produto) e massa (remoção de umidade), em que boa parte da água é eliminada, reduzindo, conseqüentemente, sua atividade de água que afeta o crescimento microbiano, reações enzimáticas e outras reações de origem química e física). Diversos parâmetros internos e externos influenciam no comportamento de secagem. Os parâmetros externos incluem a temperatura, velocidade e umidade relativa do ar, enquanto que os parâmetros internos incluem densidade, permeabilidade, porosidade, características de sorção e desorção e propriedades termofísicas do material a ser seco (SILVEIRA, 2014).

Durante a secagem, para que haja a evaporação de água da superfície do material para o ambiente, a água deve ser transportada do interior do sólido até a superfície (Lopes, 2013). A figura 4 ilustra o processo de migração da água do interior do alimento para a sua superfície.

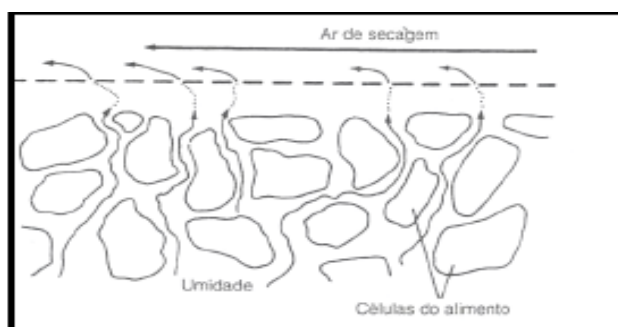


Figura 4 - Mecanismo de migração da água para superfície do alimento durante a secagem convectiva.

Fonte: SILVEIRA, 2014

Antes que a água evapore do alimento, podendo ser eliminada por correntes de ar quente, deve atingir a superfície do alimento (Figura 4). Segundo Silveira (2014), a água que inicialmente não se encontra na superfície do alimento move-se através dele por diferentes mecanismos, tais como:

1. Forças capilares - Logo que a água da superfície do alimento evapora, a água livre sai ao exterior por forças capilares. Esse se caracteriza como o primeiro deslocamento de água livre.
2. Difusão de líquidos - Deve-se às diferenças de concentração de solutos em diferentes regiões do alimento e do interior para o exterior das células.
3. Difusão de gases - Quando o alimento está praticamente desidratado, tanto a água ligada como a água livre pode evaporar sob a superfície e passar esse vapor através dos poros formados.
4. Difusão nas camadas líquidas adsorvidas nas interfaces do sólido.
5. Movimento devido à retração do sólido - A maioria dos alimentos se contrai durante a secagem. Assim, a água livre migra para superfície.

Lopes (2013) ressalta que a escolha do tipo de secador que será utilizado no processo de secagem é de suma importância, uma vez que são encontradas grandes variedades de secadores no mercado. Mais de 400 tipos de secadores têm sido relatados na literatura, enquanto mais de cem tipos distintos são comumente disponíveis. No entanto, deve-se escolher um secador que seja capaz de obter as propriedades do produto a ser desejado. A utilização de secadores em escala pequena ou laboratorial é sempre uma boa alternativa para a escolha final do secador que será utilizado em escala industrial, pois esses possibilitam a determinação das características de secagem do material dando uma prévia do modo como o material irá secar.

Para se otimizar o processo de secagem é necessário saber qual a quantidade de umidade que se deseja alcançar, para que a secagem não se prolongue exageradamente e nem dure tempo insuficiente, ou seja, é fundamental conhecer o comportamento da curva de secagem do produto nas condições trabalhadas, principalmente temperatura e velocidade do ar de secagem (SILVA et al., 2015b).

Os fatores que governam a velocidade dos mecanismos de transferência de massa e calor e que influenciam na determinação da taxa de secagem estão relacionados com a: pressão de vapor do material e do ar de secagem,

temperatura e velocidade do ar, velocidade de difusão da água no material, espessura e superfície exposta para secagem. As características específicas de cada produto, associadas às propriedades do ar de secagem e ao meio de transferência de calor adotado, determinam diversas condições de secagem. Entretanto, a transferência de calor e de massa que ocorre entre o ar e o produto é fenômeno comum a qualquer condição de processo (LOPES, 2013)

Dessa maneira, a secagem pode ser dividida em três períodos, conforme apresentado na figura 5 abaixo.

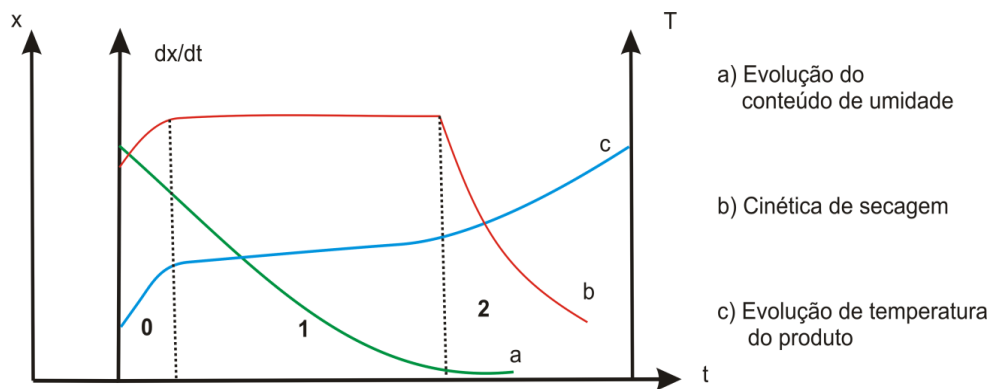


Figura 5 – Curva de secagem e sua divisão de períodos.

Fonte: LOPES, 2013

A curva (a) representa a diminuição do conteúdo de umidade do produto (X) em relação ao tempo (t) durante o processo de secagem. A curva (b) mostra a velocidade ou taxa de secagem do produto (dX/dt), isto é, a variação da umidade do produto por tempo, em relação à evolução do tempo (t). A curva (c) representa a variação da temperatura da amostra (T) com o tempo (t) (LOPES, 2013 APUD BROD, 2003 e PARK et al., 2007).

Conforme descrito por Fellows (2006), em geral, a secagem engloba três etapas distintas que são esquematicamente definidas de acordo com a evolução das transferências de calor e de massa ao longo do processo:

- Período de indução (período até entrar em regime operacional): Corresponde à região 0 da Figura 5, na qual ocorre a adequação do produto às condições de secagem até atingir o equilíbrio (regime permanente). No início do processo, a temperatura do produto é inferior à do ar de secagem e a pressão parcial de vapor de água na superfície do produto é baixa. Consequentemente, a

transferência de massa e a taxa de secagem também são. À medida que o ar entra em contato com o produto, a temperatura deste aumenta, havendo uma elevação na pressão de vapor de água e na velocidade de secagem. Esse processo continua até a transferência de calor compensar exatamente a transferência de massa,

- Período de taxa constante: Neste período, correspondente à região 1 da Figura 5, tem-se que a quantidade de água disponível no interior do sólido é grande, fazendo com que o movimento de água em seu interior ocorra com velocidade suficiente para manter as condições de saturação na superfície. Dessa forma, a transferência de umidade ocorre como se fosse a evaporação de uma massa líquida, sem haver influência direta do sólido na taxa de secagem. A pressão de vapor da água na superfície é igual à pressão de vapor da água pura na temperatura do produto (temperatura de bulbo úmido). Conseqüentemente, a velocidade de secagem é constante. O término deste período ocorre quando a migração de água do interior para a superfície não consegue compensar a taxa de evaporação da água superficial,

- Período de taxa decrescente: Corresponde à região 2 da Figura 5, onde a transferência de calor não é mais compensada pela transferência de massa e o movimento do líquido do interior do sólido é insuficiente para manter a taxa de evaporação na superfície deste. Como consequência, a velocidade de secagem começa a decrescer e há uma elevação da temperatura da superfície, tendendo à temperatura do ar de secagem. O fator limitante neste período é a migração interna de água. A secagem continua até que atinja a umidade de equilíbrio. Portanto, para minimizar os danos ao produto é necessário o controle da secagem através de três fatores principais: a quantidade de vapor d'água presente no ar, a velocidade do ar que passa pelo alimento e a temperatura do ar quente. Mas também existem outros fatores importantes que influenciam na secagem que são: as diferentes composições e estruturas dos alimentos e a quantidade de alimento colocada dentro do secador em relação à sua capacidade.

Perez et al. (2013), diz que a desidratação osmótica reduz a atividade de água, inibe a atividade enzimática e retêm a cor natural, além de originar

produtos novos. No entanto, apenas a DO não consegue diminuir a umidade do material a um nível que garanta estabilidade durante estocagem em temperatura ambiente, sendo necessária a secagem complementar. A combinação desses dois processos permite a obtenção de desidratados que conservam características sensoriais e nutricionais mais próximas do fruto *in natura*.

Diversos estudos têm sido realizados com desidratação de frutas e hortaliças ao longo dos anos objetivando, principalmente, a melhoria da qualidade do produto submetido à secagem e redução dos custos de processo com utilização de pré- tratamentos (CHIN et al., 2013; SINGH; HATHAN, 2013; VILLAMIEL et al., 2013).

3.6 A INFLUÊNCIA DO PRÉ-TRATAMENTO OSMÓTICO NA SECAGEM

Amostras desidratadas osmoticamente requerem menor tempo de secagem quando comparadas as sem esse pré-tratamento. Outra vantagem da desidratação osmótica como pré-tratamento antes da secagem convectiva de alimentos é que ela minimiza perda de aroma, escurecimento enzimático e perda da cor natural dos alimentos. Além disso, também tem sido observado um efeito protetor sobre a estrutura do alimento, gerando produtos mais flexíveis e macios (EGEA; LOBATO, 2014).

Perez et al. (2013), estudaram a desidratação osmótica como pré-tratamento antes da secagem convectiva em cupuaçu, e observaram que houve redução no tempo de secagem quando uma solução binária (sacarose a 40 °B) foi usada na solução osmótica. Esta observação é um bom indicativo de redução do custo com energia elétrica na secagem convectiva.

A desidratação osmótica como pré-tratamento, seguida por secagem com ar quente, tem sido muito citada na elaboração de frutas e hortaliças desidratadas. Esta combinação têm apresentado bons resultados, pois minimiza os efeitos adversos que geralmente aparecem quando o produto é submetido à secagem por ar quente, além de ser uma alternativa econômica, simples e segura para a conservação de produtos de melhor qualidade comparado aos produtos que não passaram por essa etapa de pré-tratamento utilizada (NUNES et al., 2013; SILVA et al., 2013, SILVEIRA, 2014).

Alves et al. (2015), dizem que apesar da contribuição positiva da secagem que visa diminuir a atividade de água do alimento e, desta forma, disponibilizar um produto seguro ao consumidor, também contribui de forma negativa para a qualidade do produto nos aspectos sensorial e nutricional como a caramelização dos açúcares, reações enzimáticas e degradação da pigmentação, além de causar prejuízos às propriedades de reidratação e perdas das vitaminas.

Esses efeitos negativos estão relacionados diretamente com o processo de secagem o qual depende da temperatura, tempo e conteúdo de umidade do alimento. Desse modo a desidratação osmótica, como um pré-tratamento ao processo de secagem convencional a ar quente, pode minimizar as injúrias térmica, reduzir o teor de água do alimento resultando na redução nos gastos, tempo e energias além de apresentar melhoria na textura, estabilidade da coloração e uma melhor capacidade de reidratação.

Desse modo, é essencial de que se façam cada vez mais estudos sobre a influência da desidratação osmótica na secagem convectiva, principalmente com hortaliças, como a cenoura, que tem amplo consumo e valor nutricional de importância para o homem, de modo a controlar as perdas nas suas características organolépticas e aumentar a sua vida de prateleira.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL

4.1.1 Matéria Prima

O trabalho foi desenvolvido nos Laboratórios de Alimentos e Química, da Universidade do Estado do Pará, Campus CCNT no período de agosto de 2018 a junho de 2019. Todas as amostras de cenouras foram adquiridas no comércio local da cidade de Belém/PA e transportadas em basquetas plásticas revestidas por filme de polietileno, selecionadas por tamanho, integridade física e cor, de forma a padronizar o material a ser estudado.

Foram utilizadas neste estudo 72 cenouras, tendo em média 168,84 g; 3,18 cm de diâmetro e 20,69 cm de comprimento.



Figura 6 – Cenouras utilizadas no pré-tratamento osmótico.

4.1.2 Preparo das amostras de cenouras

As cenouras selecionadas foram lavadas em água corrente com o auxílio de uma escova de cerdas de nylon, sanitizadas em solução clorada á 100 ppm/15 minutos (figura 7). Foram fatiadas em rodela (figura 8) por um fatiador manual de polietileno e aço inox, previamente higienizado esterilizado, ficando estas com aproximadamente 2 mm de espessura, medidas em um paquímetro manual da marca Tramontina ficando com pesos médios de 2,10 g, conforme a metodologia adaptada de Silva e Gomes (2015), sendo destinadas para as análises físico-químicas *in natura*, para pré-tratamento osmótico seguido de secagem e para o branco do tratamento (as rodela passaram apenas pela secagem sem o pré-tratamento osmótico).



Figura 7 – Raízes de cenouras em processo de sanitização.



Figura 8 – Rodelas de cenouras utilizadas no experimento.

4.1.3 Material para o preparo das soluções osmóticas

As soluções utilizadas no processo foram preparadas em béqueres de 400 mL com cloreto de sódio (NaCl) comercial dissolvido em água destilada, nas concentrações de 1, 3 e 5%. Para cada solução foi utilizada a chapa de aquecimento da marca Quimis, modelo Q261-22, para a dissolução completa dos sais de NaCl a 40° C (figura 9) por 10 minutos, segundo a metodologia proposta por Mai et al. (2015).



Figura 9 – Soluções osmóticas sob aquecimento.

4.2 MÉTODOS

4.2.1 Curva de secagem das rodelas de cenoura *in natura*

A curva de secagem foi aplicada como um ensaio preliminar para a determinação de tempo de secagem e da umidade de equilíbrio das rodelas que seriam submetidas ao experimento, e foi produzida através da pesagem do

material em intervalos de tempo inicial de 5 minutos, aumentados gradativamente (5, 10, 15, 30) até que o intervalo ficasse em 60 minutos. A curva foi obtida até peso constante, em estufa com circulação de ar forçada, sob temperatura de 70°C, segundo a metodologia adaptada de Araújo (2010). Tomou-se como referência a umidade final aceitável para produtos de vegetais secos ($\leq 12\%$ b.u.) (BRASIL, 2005). Desse, como a secagem convectiva caracteriza-se por necessitar de longo tempo de operação, neste caso as amostras foram secas até umidade final menor ou igual a 12% b.u., segundo Andreola (2013).

4.2.2 Desidratação Osmótica

O processo de desidratação osmótica foi realizado em béqueres de 400 mL, contendo as diferentes concentrações (1, 3 e 5%) da solução osmótica, onde as rodela de cenoura foram imersas (Figura 10), em tempos (30, 45 e 60 minutos) determinados pelo planejamento. Para cada 100 mL da solução osmótica, utilizou-se cerca de 20 g das rodela de cenoura, conforme a metodologia adaptada de Mai et al., (2015).



Figura 10 – Rodela de cenoura durante o processo de desidratação osmótica.

4.2.3 Secagem

Após a desidratação osmótica, as rodela de cenoura foram colocadas em peneiras de polietileno e depois estendidas sobre papel toalha absorventes para retirada do excesso da solução osmótica, conforme a figura 11a.

Em seguida as rodela foram organizadas em bandejas (figura 11b) e mantidas em estufa Quimis, modelo Q314M22, com circulação de ar sob temperatura e tempos definidos pela curva de secagem (70°C/2h).

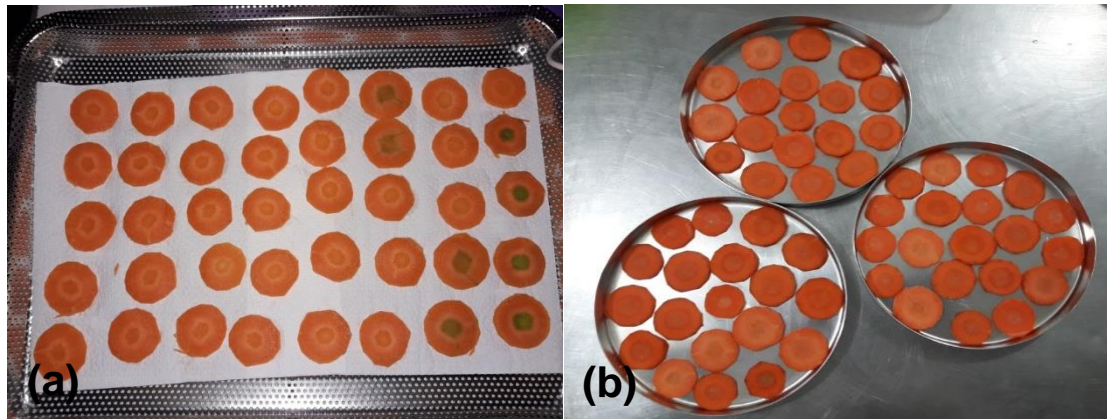


Figura 11 – a) Rodelas de cenoura após o processo de desidratação osmótica; b) Amostras organizadas e preparadas para secagem.

Após a secagem as amostras desidratadas foram armazenadas em sacos herméticos de polietileno (figura 12), e conservadas em dessecador, para serem utilizadas para a determinação de pH, SST (Brix), carotenoides totais, perda de carotenoides, perda de massa e cloretos.



Figura 12 – Armazenamento das amostras desidratadas.

O processamento utilizado na desidratação osmótica seguido de secagem das rodela de cenoura pode ser visualizado na figura 13.

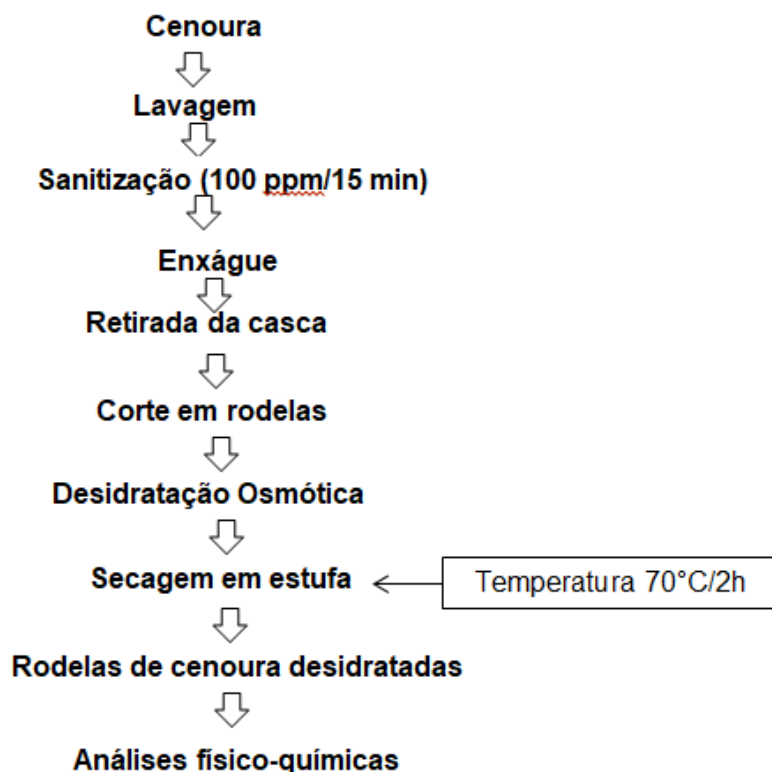


Figura 13 - Fluxograma do processamento de cenoura em rodela para serem submetidas à desidratação.

4.3 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Os ensaios experimentais foram de acordo com o planejamento fatorial completo 2^2 , com ponto central em triplicata, conforme tabela 3. As variáveis avaliadas foram concentração de NaCl (%) e tempo de imersão (min) das rodela na solução osmótica. As concentrações e os tempos foram escolhidos com base nos resultados obtidos por Silva e Gomes (2015).

Tabela 3 – Matriz do planejamento fatorial completo 2^2 com ponto central para a realização do pré-tratamento osmótico.

Ensaio	X ₁	X ₂	NaCl(%)	Tempo(min)
1	-1	-1	1	30
2	+1	-1	5	30
3	-1	+1	1	60
4	+1	+1	5	60
5	0	0	3	45

X₁ – variáveis codificadas da concentração de NaCl; X₂ – variáveis codificadas do tempo de imersão.

4.4 MÉTODOS ANALÍTICOS

4.4.1 Análises Físico-Químicas

As análises físico-químicas realizadas foram: sólidos solúveis totais, pH, acidez, umidade, lipídios, cinzas, proteínas, cloretos (estas de acordo as metodologias adaptadas do Instituto Adolfo Lutz (2008); fibra bruta (segundo a metodologia da American Oil Chemists' Society (AOCS, 2006, com adaptações), carboidratos de acordo por Silva et al., (2016) e carotenoides totais conforme métodos adaptados de Pereira (2002) e Pacheco et al., (2011).

Sólidos solúveis totais

A determinação de sólidos solúveis foi realizada em refratômetro portátil, sendo os resultados expressos em °Brix.

pH

O pH foi determinado por potenciometria, através da leitura direta em pHmêtro, do suco feito de 10 g da amostra com de 100 mL de água destilada.

Acidez

Para obtenção da acidez titulável, foram dissolvidos 10 g da amostra em 100 mL de água destilada, sendo a mesma filtrada. O filtrado foi titulado com solução de hidróxido de sódio, ate coloração rósea e a acidez foi determinada em porcentagem através da equação 01, sendo expressa em % de ácido cítrico.

$$\frac{V \times M \times fc \times PE \times 100}{P \times 1000} = \% \text{ acidez (Equação 01)}$$

Onde:

V= volume da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação;

M= molaridade da solução de hidróxido d sódio (0,01 M);

fc= fator de correção da solução de hidróxido de sódio (0,98);

PE= peso equivalente do ácido cítrico (64,02);

P= n° de gramas da amostra (massa inicial).

Umidade

O teor de umidade foi mensurado através da perda de peso da amostra submetida a aquecimento em estufa a 105°C, durante 2 horas, repetindo-se a operação de aquecimento e resfriamento até peso constante. Expressou-se umidade em porcentagem e base úmida (Equação 02) de 100.

$$\frac{100 \times N}{P} = \% \text{ (Equação 02)}$$

Onde:

N= n° de gramas de umidade (perda de massa em g);

P= n° de gramas da amostra (massa inicial).

Lipídios - Extração direta em Soxhlet

A determinação dos lipídios foi realizada em extrator Soxhlet, com a amostra previamente seca, pesada em papel de filtro, utilizando-se éter de petróleo para a extração. Após este processo os reboilers foram secos em estufa a 70°C, até peso constante. A porcentagem de lipídios foi determinada com a utilização da equação 03 abaixo.

$$\frac{(pfr - pi)}{P} \times 100 = \% \text{ lipídios (Equação 03)}$$

Onde:

pfr= peso final do reboiler (após a estufa);

pi= peso inicial do reboiler;

P= n° de gramas da amostra (massa inicial).

Fibra bruta

A determinação de fibra bruta seguiu metodologia de digestão ácida e alcalina. Uma massa de 3 g da amostra previamente seca e desengordurada foi pesada e transferida para um balão de fundo redondo, adjunto a 200 mL de solução de H₂SO₄ 1,25 % em temperatura de ebulição. O conjunto foi levado para ferver em refluxo por 30 minutos, após, foi filtrado, com sucessivas lavagens com água destilada aquecida até remoção total do ácido agregado ao resíduo retido. A filtração ocorreu com auxílio de bomba de vácuo, Kitassato, funil de Büchner, papel tornassol e papel filtro qualitativo de peso conhecido.

O material retido no filtro foi transferido novamente para o balão, juntamente com 200 mL de solução de NaOH 1,25 % em temperatura de ebulição, passando pelo mesmo procedimento descrito anteriormente. Para ambas as filtrações, utilizou-se o mesmo papel filtro. Ao final, o resíduo remanescente foi lavado com 20 mL de EtOH(etanol) e 20 mL de EtOEt (éter etílico).

Após os procedimentos de digestão ácida e alcalina e filtração, o papel filtro contendo o resíduo foi armazenado em estufa a 105 °C, até registrar peso constante, sequencialmente o conjunto foi depositado em cadinho de porcelana previamente aquecido e com peso verificado, para ser incinerado em forno mufla a 550 °C até queima total da matéria orgânica. A fibra bruta foi estabelecida através do peso perdido na incineração, para calculá-la utilizou-se a equação 04.

$$Pa = Pa1 - Ppf$$

$$Pb = Pb1 - Pcd$$

$$\frac{(Pa - Pb)}{P} \times 100 = \% \text{ fibra bruta (Equação 04)}$$

Onde:

Pa= peso da amostra após digestão ácida-alcalina;

Pa1= peso da amostra após digestão ácida-alcalina + peso do papel filtro;

Pf= peso do papel filtro;

Pb= peso dos resíduos minerais fixos;

Pb1= peso dos resíduos minerais fixos + peso do cadinho;

Pcd= peso do cadinho;

P= n° de gramas da amostra (massa inicial).

Cinzas

As cinzas foram determinadas pela carbonização da amostra seguida da sua incineração em mufla a 550 °C até que as amostra ficassem brancas. Resfriou-se em dessecador e pesou-se, sendo a porcentagem de cinzas determinada através da equação 05.

$$\frac{100 \times Nc}{P} = \% \text{ cinzas (Equação 05)}$$

Onde:

Nc= n° de gramas de cinzas;

P= n° de gramas da amostra (massa inicial).

Proteínas - Método de Kjeldahl

As proteínas seguiram a metodologia de micro-Kjeldhal com a digestão da amostra e posterior destilação e titulação com ácido clorídrico. Para estimar sua quantidade, o valor do nitrogênio foi multiplicado pelo fator de conversão para proteínas vegetais (%N x 5,75). Usou-se dos mesmos procedimentos para a obtenção do branco da análise. A porcentagem de nitrogênio foi obtida através da equação 06.

$$\frac{(VA-VB) \times N \times fc \times 14 \times 100}{P \times 1000} = \% N \text{ (Equação 06)}$$

$$\% N \times 5,75 = \% \textit{proteínas}$$

Onde:

VA= volume da solução de ácido clorídrico gasto na titulação da amostra;

VB= volume da solução de ácido clorídrico gasto na titulação do branco;

N= normalidade da solução de ácido clorídrico (0,01N);

fc= fator de correção da solução de ácido clorídrico (0,98);

14= miliequivalente grama no nitrogênio;

P= n° de gramas da amostra (massa inicial).

Carboidratos por diferença

Os carboidratos foram obtidos pela somatória dos valores de umidade, proteínas, lipídios, cinzas, fibras e subtraídos de 100, segundo a equação 07.

$$100 - (U - P - L - CZ - F) = \%C \text{ (Equação 07)}$$

Onde:

U= umidade;

P= proteínas;

L= lipídios;

CZ= cinzas;

F= fibras.

Cloretos

A análise de cloretos foi feita a partir do resíduo mineral fixo obtido de 5 g da amostra. O resíduo mineral juntamente com 50 mL de água morna foi titulado com solução de nitrato de prata 0,1 N, até coloração vermelho-tijolo, utilizando cromato de potássio a 10% como indicador. Os cloretos foram quantificados em porcentagem, utilizando-se a equação 08 abaixo.

$$\frac{V \times N \times fc \times 0,0584}{Nc} \times 100 = \% NaCl \text{ (Equação 08)}$$

Onde:

V = volume da solução de nitrato de prata gasto na titulação;

N = normalidade da solução de nitrato de prata (0,1N);

fc = fator de correção da solução de nitrato de prata (1,0069);

Nc = n° de gramas de cinzas;

0,0584 = miliequivalente-grama do cloreto de sódio.

Carotenoides totais

A análise dos carotenoides totais foi realizada a partir da pesagem de 2 g da amostra, triturada em processador doméstico, e transferida para graal de porcelana para ser macerada com 3 g de celite e 50 mL de acetona. A mistura foi filtrada com a ajuda do Kitassato, do funil de Büchner e do papel filtro e o procedimento foi repetido até que a matriz não apresentasse a coloração característica de carotenoides. O extrato cetônico foi transferido para funil de separação contendo 50 mL de éter de petróleo. A mistura foi então lentamente lavada com 900 mL de água destilada divididas em três lavagens. O extrato etéreo foi filtrado em sulfato de sódio anidro, com o auxílio de funil e papel filtro e recolhido em balão volumétrico de 100 mL e avolumado com éter de petróleo. Toda a análise foi efetuada no escuro para evita perdas, uma vez que os compostos em questão são sensíveis a luz. As amostras foram lidas a 449 nm e o cálculo da concentração de carotenoides foi efetuada utilizando-se a equação 09 abaixo, sendo os resultados expressos em micrograma por grama da amostra.

$$\frac{\text{volume} \times \text{abs} \times 10^4 \times \text{diluição}}{P \times E1cm1\%} = \text{carotenóides totais} (\mu g / g) \text{ (Equação 09)}$$

Onde:

abs= a absorvência lida na amostra no comprimento de onde de 449 nm;

P= n° de gramas da amostra (massa inicial).

O coeficiente de absorvidade molar ($E_{1cm1\%}$) que foi utilizado no cálculo dos carotenoides totais foi de 2.592, segundo recomendações preconizadas por Rodrigues-Amaya (1989).

4.4.2 Avaliação do Processo de Desidratação Osmótica

Para a avaliação do processo de desidratação osmótica realizou-se o cálculo da perda de massa (g), perda de carotenoides ($\mu\text{g/g}$), bem como as análises de pH, SST ($^{\circ}\text{Brix}$), cloretos (%) (conforme as normas do Instituto Adolfo Lutz (2008) e carotenoides totais($\mu\text{g/g}$) (segundo os métodos adaptados de Pereira (2002) e Pacheco et al., (2011).

Perda de massa

A perda de massa foi calculada, com base na massa do material após a desidratação osmótica subtraída da massa do material após a secagem ($70^{\circ}\text{C}/2\text{h}$), conforme exposto pela equação 10 abaixo.

$$MDO - MSec = PM (g) \text{ (Equação 10)}$$

Onde:

MDO = massa após a desidratação osmótica;

MSec= massa após a secagem;

PM= perda de massa.

Perda de carotenoides

Calculada a partir do valor médio dos carotenoides totais obtida do branco do tratamento (rodela de cenouras secas a $70^{\circ}\text{C}/2\text{h}$, sem o pré-tratamento osmótico) subtraído do valor médio dos carotenoides totais obtido de cada ensaio do planejamento, segundo a equação 11 a seguir.

$$CB - CT = PC (\mu\text{g/g}) \text{ (Equação 11)}$$

Onde:

CB= carotenoides totais das rodela secas sem o pré-tratamento osmótico;

CT= carotenoides totais das rodelas de cenouras com o pré-tratamento osmótico seguido de secagem;

PC= perda de carotenoides.

4.4.3 Análise Estatística

Os dados foram apresentados como média \pm desvio padrão. A análise estatística dos resultados obtidos do planejamento experimental foi avaliada usando o software Statistica 7.0 e submetidos à análise de variância (ANOVA) ao nível de 5% de significância ($p < 0,05$)

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 MATÉRIA-PRIMA

Os resultados da caracterização físico-química da cenoura *in natura* podem ser observados na tabela 4.

Tabela 4 – Caracterização físico-química da cenoura *in natura*.

Análises (base úmida)	Cenoura <i>in natura</i>
SST (°Brix)	7,7 \pm 0,00
pH	5,3 \pm 0,11
Acidez expressa em ácido cítrico (%)	0,96 \pm 0,01
Umidade (%)	89,78 \pm 0,14
Lipídios (%)	0,48 \pm 0,07
Fibra bruta (%)	0,79 \pm 0,04
Cinzas (%)	1,07 \pm 0,13
Proteínas (%)	1,50 \pm 0,15
Carboidratos (%)	6,36 \pm 0,35
Cloretos (%)	0,03 \pm 0,0005
Carotenoides totais ($\mu\text{g/g}$)	1016,51 \pm 3,75

Resultados expressos como média \pm desvio padrão.

O valor de sólidos solúveis totais (SST) a 25°C, encontrado nas amostras de cenoura *in natura* (7,7 °Brix), mostrou-se acima dos valores encontrados por Araújo (2010) e Guimarães (2016) de 6,04 e 6,44 °Brix, respectivamente. Possivelmente, essa variação dos valores de sólidos solúveis totais pode ter se dado pelo grau de maturação da cenoura utilizada.

Colombari (2015) comenta que os sólidos solúveis constituem um fator que exerce influência no sabor do produto, pois representam os ácidos, os sais, as vitaminas, os aminoácidos, algumas pectinas e os açúcares presentes nos

vegetais. Por isso é comum associar que quanto maior o teor de sólidos solúveis, maior o teor de açúcar.

As amostras de cenoura *in natura* apresentaram-se com o valor médio de pH de 5,3 o qual se assemelha com os apresentados por Delmiro (2016), correspondente a 5,4. Estes resultados podem ser explicados pelo fato do vegetal em estudo ser classificado como pouco ácido, ou seja, apresenta-se com pH maior que 4,5 de acordo com Pereira (2014) e Carmo et al., (2015).

Silva et al. (2017) complementa que o pH uma característica comum na avaliação da qualidade pós-colheita das hortaliças é um indicativo de sabor, tendo relação inversa à acidez.

O valor médio observado para a acidez na amostra analisada (0,96% - expressada em ácido cítrico) esteve ligeiramente próximo ao encontrado por Silva et al. (2016) e Ronchetti (2014) de 1,4 % e 1,6%, também expressa em ácido cítrico. A acidez em produtos hortícolas é atribuída, principalmente, aos ácidos orgânicos que se encontram dissolvidos nos vacúolos das células, tanto na forma livre como na combinada com sais, ésteres, glicosídeos, etc. Os ácidos orgânicos influenciam fortemente as propriedades sensoriais de vegetais em geral, principalmente no que diz respeito a sabor, cor e aroma (GUIMARÃES, 2016).

Silva e Gomes (2015) ressaltam ainda que os ácidos orgânicos que predominam nas cenouras são principalmente o ácido málico, cítrico, isocítrico, o succínico e o fumárico.

A cenoura possui um elevado teor de umidade, tendo sido observado nas amostras em estudo o valor de 89,78%, estando este valor equivalente ao encontrado por Andrade et al.(2005) de 89,33%. No entanto, encontra-se ligeiramente abaixo dos valores encontrados por Araújo (2010) que foi de 90,56% e por Ronchetti (2014) de 91,5 %. Rosa (2010) observou que o teor de umidade de cenouras *in natura* pode variar ficando entre 91,2 a 93,5%. Delmiro (2016) comenta que a variação dos valores de umidade pode ser explicada pela existência de diversas variedades de cenouras e de cultivo.

A composição de lipídios na *cenoura in natura* pode variar em média de 0,19% a 0,50%, segundo Texeira et al. (2011), o que mostra que o valor médio obtido neste trabalho (0,48%) se encontra dentro do citado pela literatura.

Para análise de fibra bruta encontrou-se a média 0,79%, acima do resultado de Gonçalves et al. (2015) de 0,67% e de Sério (2014) de 0,40%, utilizando a mesma metodologia da digestão ácida e alcalina.

Quanto à porcentagem de cinzas presentes na matéria-prima *in natura*, obteve-se o valor médio de 1,07%, pouco maior do que o descrito na United State Department of Agriculture, (USDA, 2010) de 0,97% para a cenoura crua e do que o observado por Saggin (2017) de 0,82% para cenoura na mesma condição, ao fazer a avaliação físico-química de hortaliças orgânicas congeladas. O teor de cinzas pode estar relacionado com a presença de minerais e vai depender das condições climáticas e local de cultivo, segundo Santos (2018).

O valor médio encontrado para as proteínas, para a cenoura crua foi de 1,50%, o qual se aproxima dos encontrados por Calado (2014); Akubor e John (2012) e Pigoli et al. (2014) de 1,05%, 1,2% e 1,1%, respectivamente, em seus trabalhos tratando da hortaliça em questão.

Para os carboidratos obtidos por diferença obteve-se a porcentagem de 6,36%, a qual se encontra entre os valores observados por Silva et al. (2014) de 5,1 % e Saggin (2017) de 11,04%.

Para Silva e Gomes (2015) as diferenças relacionadas a composição química da cenoura podem receber influências do solo, da época e local de plantio, bem como da estocagem, comercialização, temperatura, e principalmente o tipo de cultivar.

A porcentagem média de cloretos obtida neste trabalho foi de 0,029%, ligeiramente próximo ao obtido por Branco et al. (2005) de 0,05% para a mesma cultivar e semelhante ao observado por Silva et al. (2007) de 0,036% para a cultivar Nantes em seu estudo sobre a influência do branqueamento e da desidratação osmótica na secagem de fatias de cenoura.

Com relação aos carotenoides totais, caracterizados como compostos bioativos, o resultado médio foi de 1016,51 µg/g.

Segundo a Tabela Brasileira de Composição de Carotenoides em Alimentos (2011) a cenoura da cultivar Brasília e a cenoura Nantes, ambas *in natura* e provenientes do estado de São Paulo, apresentaram um teor de 28 µg/g de β-caroteno e 62 µg/g de β-caroteno, respectivamente.

Pinheiro-Santana et al. (1998) encontraram resultados de 130,24 µg/g de carotenoides totais em cenoura Nantes, sendo realizada extração segundo Rodriguez-Amaya et al. (1976) e quantificação por espectrofotometria, já Pacheco (2011) obteve resultados de 144 µg/g de carotenoides totais utilizando da mesma metodologia, mas não informou qual cultivar de cenoura foi utilizado.

Conforme Pereira (2002), a composição de carotenoides em cenoura varia, tanto qualitativamente como quantitativamente. Esta variação é observada dentre e entre as linhagens, bem como entre as várias regiões produtoras.

5.2 CURVA DE SECAGEM

Na figura 14 encontra-se ilustrada a curva de secagem das cenouras em rodela.

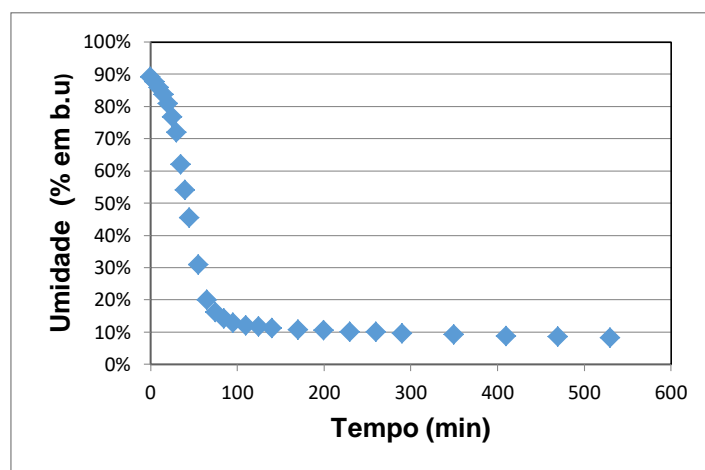


Figura 14 – Curva secagem da cenoura na temperatura de 70° C.

Os resultados referentes à curva de secagem (Figura 14) expressam o teste preliminar que possibilitou determinação do tempo de secagem em que as rodela de cenoura seriam expostas e que ficassem com mínimo teor de umidade (umidade de equilíbrio), consequentemente inibindo possíveis alterações (químicas, microbiológicas), a partir do momento que seriam armazenadas.

A RDC nº 272, de 22 de setembro de 2005 que estabelece o Regulamento Técnico para Produtos de Vegetais, Produtos de Frutas e Cogumelos Comestíveis, preconiza que o teor de umidade aceitável para

vegetais secos seja menor ou igual a 12% ($\leq 12\%$). O resultado obtido neste trabalho para o teor de umidade final ficou em torno de 10% e foi alcançado no tempo de aproximadamente 2h, na condição de secagem a 70°C, portanto de acordo com o padrão aceito pela legislação.

Keey (1992) comenta que ao atingir a umidade de equilíbrio o sólido não sofrerá mais variações de umidade e esta independe do tempo de secagem desde que sejam mantidas as condições do sistema.

5.3 RESULTADOS EXPERIMENTAIS PARA AS VARIÁVEIS DO PROCESSO

A figura 15 exibe o aspecto das rodela de cenoura após passarem pelo processamento de desidratação por osmose e secagem convectiva a 70°C/2h.



Figura 15 – Amostras de cenoura após a secagem em estufa.

Na tabela 5 apresentam-se os valores médios dos resultados de as análises de pH, sólidos solúveis totais, carotenoides e cloretos obtidos das rodela de cenoura que foram submetidas apenas a secagem em estufa a 70°C/2h, caracterizando o branco do tratamento.

Tabela 5 – Resultados das análises das amostras de cenouras consideradas como o branco do tratamento.

Análises	Cenoura seca (70°C/2h)
pH	6,52 ± 0,15
SST (°Brix)	34,96 ± 0,00
Carotenoides totais (µg/g)	1099,53 ± 13,50
Cloretos (%)	0,03 ± 0,00

Resultados expressos como média ± desvio padrão.

As análises realizadas nas rodela de cenouras secas a 70°C/2h, possibilitou a comparação das variáveis pH, SST, carotenoides totais e cloretos quando as rodela foram submetidas ao pré-tratamento osmótico seguido de secagem.

Os resultados das variáveis de respostas de pH, sólidos solúveis totais (SST), carotenoides totais, perda de carotenoides, perda de massa e cloretos analisados de acordo com o planejamento fatorial completo 2² com ponto central, podem ser observados na tabela 6.

Dentro da faixa de concentração de NaCl e de tempo de desidratação osmótica, os valores encontrados para pH variaram de 6,06 a 6,61, para os sólidos solúveis totais variaram de 31,64 a 64,13 °Brix, para o teor de carotenoides totais e para a perda de carotenoides variaram de 623,55 a 966,73 µg/g, e de 132,81 a 475,99 µg/g, respectivamente. Já para a perda de massa e para a porcentagem de cloretos variaram de 6,96 a 10,27 g e de 0,67 a 3,37%.

Tabela 6 – Resultados experimentais do planejamento fatorial completo 2² com ponto central em triplicata.

E	NaCl (%)	t (min)	pH	SST (°Brix)	CT (µg/g)	PC (µg/g)	PM (g)	Cloretos (%)
1	1	30	6,59±0,04	34,8±1,5	706,01±0,005	393,43	9,278	0,67±0,02
2	5	30	6,06±0,02	48,29±1,66	966,73±1,63	132,81	10,275	3,375±0,15
3	1	60	6,61±0,01	45,79±4,1	906,29±0,005	193,24	6,966	0,535±0,01
4	5	60	6,09±0,005	31,64±1,66	688,59±0,02	410,95	8,173	2,33±0,24
5	3	45	6,14±0,09	52,95±0,56	623,55±8,2	475,99	7,466	1,635±0,23
6	3	45	6,14±0,02	63,99±0,30	656,01±7,22	443,52	7,797	1,5±0,11
7	3	45	6,02±0,06	64,13±0,20	663,33±1,33	436,2	7,682	1,415±0,005

Resultados expressos como média ± desvio padrão. E=Ensaio; t= tempo de imersão; CT= carotenoides totais; PC= perda de carotenoides; PM= perda de massa.

Com relação aos resultados obtidos para o pH, observa-se que não houve grandes variações entre as amostras tratadas sob diferentes tempos e concentrações de cloreto de sódio, quando comparadas as amostras sem o pré-tratamento osmótico, devido ao fato de que a solução osmótica tem pH neutro, não interferindo no pH das mesmas. O mesmo pode ser observado nos

resultados de Branco et al., (2005) e de Silva et al., (2007), em seus estudos de desidratação osmótica de fatias de cenoura seguida de secagem, sendo encontrados valores de 5,61 e 5,97 respectivamente.

Para os sólidos solúveis totais, nota-se que os mesmos se concentraram nas fatias de cenoura somente secas a 70°/2h, quando comparada a cenoura *in natura*, aumentando de 7,7 para 34,96 °Brix, devido a evaporação da água durante a secagem, que conseqüentemente influenciou na concentração de sólidos solúveis na amostra.

Houve um maior aumento dos SST, quando as rodela foram submetidas ao pré-tratamento osmótico com maiores concentrações, como se pode observar os ensaios 2, 5, 6 e 7 da tabela 6, onde as rodela foram tratadas com 5% de NaCl por 30 minutos e com 3% de NaCl por 45 minutos.

Os carotenoides são pigmentos instáveis, suscetíveis às reações químicas e bioquímicas que ocorrem durante o processamento ou armazenamento (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Ao analisar os valores obtidos para o referido pigmento, observa-se que houve um aumento do mesmo nas rodela de cenoura submetidas somente a secagem, a 70°C quando se compara tanto com a cenoura *in natura* quanto com as que foram submetidas primeiro ao pré-tratamento osmótico depois com posterior secagem.

O mesmo pode se constatar no trabalho de Medeiros et al., (2011), ao avaliar o teor de carotenoides em cenoura desidrata, que obteve o valor de 79,26 µg/g e 469, 63 µg/g para a cenoura *in natura* e desidratada.

De acordo com estudos de Pinheiro-Santana et al. (1998), amostras de cenoura submetidas à desidratação apresentam elevados níveis de carotenoides (1419,11 µg/g de carotenoides em cenouras desidratadas variedade Nantes), em decorrência dos altos níveis de sólidos totais.

Branco et al. (2005) obtiveram teores de carotenoides para cenouras *in natura* e desidratada por osmose de 42,66 e 17,06 µg/g, respectivamente, e quando a cenoura desidratada passou pelo processo de branqueamento o valor foi de 8,91 µg/g, inferior aos determinados por Medeiros et al. (2011), sendo de 47,96 µg/g, mas indicando perdas quando se aplica o branqueamento.

Tratando-se das amostras que foram submetidas ao pré-tratamento osmótico seguido de secagem, houve maiores concentrações de carotenoides nas amostras que foram tratadas com 5% de NaCl por 30 minutos e com 1% de NaCl por 60 minutos, como pode ser observado nos ensaios 2 e 3, respectivamente, evidenciando também que houve menores perdas como mostrado na tabela 6.

Com relação a perda de massa, no ensaio 2, pode-se observar que houve uma perda maior nas rodela que foram submetidas a solução com maior concentração de NaCl (5%), porém com menor tempo de imersão (30 minutos). Esperava-se que uma concentração mais elevada e no maior tempo de imersão proporcionasse maior perda de massa, porém neste estudo com o menor tempo e maior concentração de sal obteve-se maior retirada de água quando se compara ao tempo de 60 minutos de imersão.

O mesmo comportamento foi descrito por Mai et al. (2015), que ao analisar a perda de massa em fatias de abóboras submetidas a desidratação osmótica, obteve maior perda no menor tempo e na maior concentração (3% de NaCl/30 minutos).

Silveira (2014) observou em seu trabalho, utilizando a cenoura como a matéria-prima e o pré-tratamento osmótico, maior perda de água quando a concentração da solução de cloreto de sódio aumentou para 5%. Comportamento semelhante foi observado por Oliveira et al. (2011) ao estudarem a desidratação do jumbo a desidratação osmótica como pré-tratamento.

Borin et al., (2008), estudando a influencia da desidratação osmótica sobre a secagem convectiva de abóbora, comenta que a influência do sal sobre a perda de água foi significativa devido à capacidade de abaixamento da atividade de água por parte do NaCl.

Segundo Azoubel e Murr (2004) a efetividade do cloreto de sódio como um ótimo agente osmótico se deve principalmente ao fato do mesmo apresentar baixo peso molecular e do seu comportamento iônico, que afeta fortemente a cinética de remoção de água.

A análise de cloretos está relacionada ao ganho de soluto da amostra, o qual é influenciado principalmente pela concentração de soluto da solução como se pode se constatar nos ensaios 2 e 4, onde se tem as maiores médias

para cloretos quando se utiliza maiores concentrações (5%), tanto no tempo de 30 quanto no tempo de 60 minutos de imersão. O mesmo foi concluído por Silveira (2014) que ao realizar a desidratação osmótica de cenouras, obteve maior ganho de soluto usando NaCl a 5% durante 20 minutos de imersão.

Kennedy et al. (2010) ao analisarem o processo de desidratação osmótica de cubos de cenouras imersas em soluções de cloreto de sódio com sacarose em diferentes concentrações, observaram que quando a sacarose 50° Brix foi utilizada com 5 % de cloreto de sódio, durante 120 e 240 minutos de imersão a uma temperatura de 35 °C, o ganho de sólidos foi maior, 10,20% e 13,38%, respectivamente.

Kruger e Dalagnol (2014) comentam que a presença de uma elevada concentração de soluto faz com que ocorra um rápido intercâmbio de massa (água sai, solutos entram), aonde este intercâmbio vai se acomodando para um mecanismo final, até eventualmente atingir-se um equilíbrio.

Segundo Silva (2008), o diagrama de Pareto é uma das maneiras de se visualizar da influência dos fatores estudados na resposta. A magnitude dos efeitos é representada pelas colunas enquanto que a linha transversal às colunas representa a magnitude dos efeitos com significado estatísticos para $p= 0,05$, ou seja, os fatores que são estatisticamente significativos ao nível de 95% de confiança.

A figura 16 demonstra o diagrama de Pareto para perda de carotenoides, onde pode se observar que ao nível de 95% ($p<0,05$) de confiança, a interação entre as variáveis concentração de NaCl e tempo de imersão na solução osmótica influenciam de forma significativa na resposta, ou seja, essa interação potencializa a perda de carotenoides.

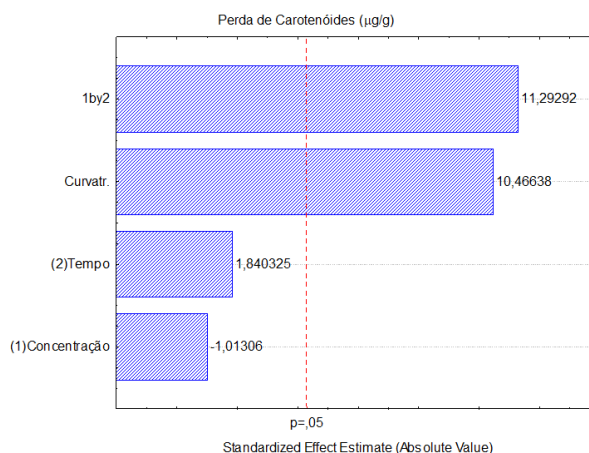


Figura 16 - Diagrama de Pareto para a perda de carotenoides em µg/g nas rodelas de cenoura mostrando a influencia das variáveis concentração (NaCl) e tempo de imersão (min).

A partir dos resultados obtidos obteve-se o modelo de ajuste (equação 12) para a perda de carotenoides e para avaliar se o modelo é preditivo fez-se a Análise de Variância (ANOVA), exibida na tabela 7.

$$PC (\mu g/g) = 778,3575 - 184,7375C - 10,6591t + 3,9861Ct \text{ (Equação 12)}$$

Onde:

PC= perda de carotenoides;
C= concentração de NaCl (%);
t= tempo de imersão (min);
Ct= interação entre C e t.

Tabela 7 - Análise de Variância (ANOVA) para a variável perda de carotenoides nas rodelas de cenoura submetidas ao pré-tratamento osmótico seguindo de secagem.

Fonte de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F _{Cal}	F _{Tab}
Regressão	108312,6	4	27078,15	60,37	19,25
Resíduo	897,0	2	448,5		
Total	109209,6	6			

Coefficiente de determinação (R²) = 99,17%

Conforme demonstra a tabela 7, o valor do F calculado (60,37) é maior que o valor do F tabelado, indicando que o modelo matemático está bem ajustado aos dados experimentais (Novaes et al., 2017) e portanto é preditivo.

O valor obtido para o R^2 foi de 99,17%, isto é, o modelo explica 99,17% das respostas obtidas (MAI et al., 2015).

Os gráficos de superfície de resposta para a perda de carotenoides nas rodela de cenoura tratadas são apresentados na figura 17, onde se observa os menores valores de perda de carotenoides 132,81 μ g/g para o tratamento com 5% de NaCl no tempo de 30 minutos de imersão e 193,24 μ g/g para o tratamento de 1% de NaCl no tempo de 60 minutos de imersão.

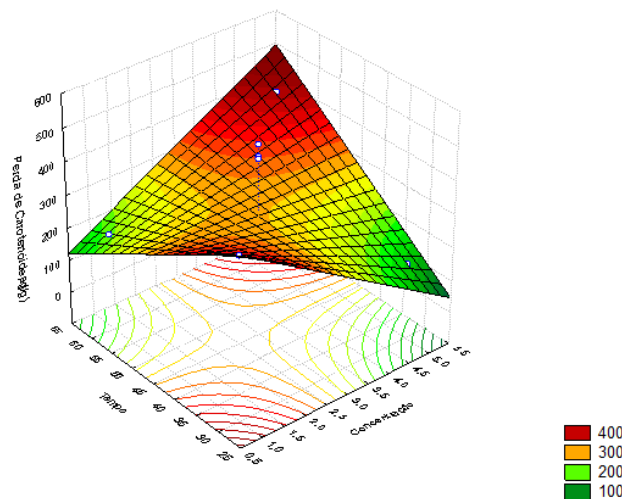


Figura 17 - Gráfico de superfície de resposta para a perda de carotenoides μ g/g em função da concentração (NaCl) e tempo de imersão (min).

Mauro et al., (2005) concluíram que durante a secagem de fatias de abóbora com e sem pré-tratamento osmótico com solução de sacarose 60% por 1 hora nenhuma perda de carotenoides foi observada durante o tratamento osmótico. Fatias de abóboras apresentaram retenção de 74% de α -caroteno e 77% de β -caroteno durante secagem a 50°C, e de 60% e 66% a 70°C. O pré-tratamento osmótico aumentou o grau de retenção para 83% e 88% (50°C) e 72% e 76% a 70°C.

Pan et al. (2003) realizaram experimentos de desidratação osmótica com cenouras e abóboras com diferentes concentrações de sacarose e sal e fizeram a avaliação do teor de carotenoides nas amostras tratadas. No tratamento osmótico de abóbora com soluções de sacarose nas concentrações de 20%, 30%, 40%, 50% e 65% os respectivos teores de carotenoides encontrados foram 210, 205, 199, 200 e 189 (g/g) de matéria seca. Para

cenoura tratada osmoticamente com soluções de sacarose a 20%, 40% e 50%; 40% mais 10% de cloreto de sódio e 40% mais 15% de cloreto de sódio, as concentrações de carotenoides encontradas foram 1248, 1212 e 1176; 1171 e 1251 (g/g) de matéria seca, respectivamente. Tais resultados levaram os autores a sugerir que a perda de carotenoides é diretamente proporcional à perda de água ou ganho de soluto.

Na figura 18 está apresentado o Diagrama de Pareto para a variável perda de massa dentro da faixa de concentração de NaCl e tempo de imersão estudados.

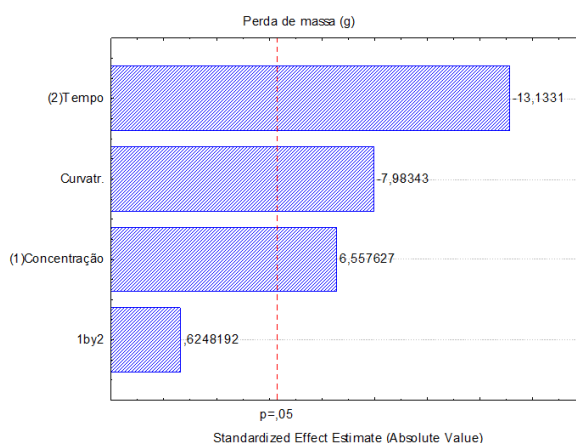


Figura 18 - Diagrama de Pareto para a perda de massa em gramas nas rodela de cenoura mostrando a influencia das variáveis concentração (NaCl) e tempo de imersão (min).

Através da análise dos diagramas da figura 18 pode se verificar que o tempo de imersão bem como a concentração de NaCl exercem influência significativa sobre a perda de massa das rodela. O valor negativo do tempo na perda de massa (-13,1331) significa que quando se aumenta o tempo há uma diminuição na perda de massa e o aumento na concentração da solução faz com que essa perda também aumente, explicando o valor positivo (6,557227).

Com base nos resultados adquiridos se obteve o modelo codificado (equação 13) para a perda de massa e a Análise de Variância indicou se o modelo é preditivo, conforme exposto na tabela 8.

$$PM (g) = 11,393 + 0,197C - 0,070t + 0,0017Ct \text{ (Equação 13)}$$

Onde:

PM= perda de massa;

C= concentração de NaCl (%);

t= tempo de imersão (min);

Ct= interação entre C e t.

Tabela 8 - Análise de Variância (ANOVA) para a variável de perda de massa nas rodela de cenoura submetidas ao pré-tratamento osmótico seguindo de secagem.

Fonte de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F _{Cal}	F _{Tab}
Regressão	7,896178	4	1,9740445	69,90	19,25
Resíduo	0,056481	2	0,0282405		
Total	7,952659	6			

Coefficiente de determinação (R²) = 99,29%

Para a perda de massa, além de o modelo ser significativo, apresentando R² de 99,29%, é também preditivo, tendo em vista que o valor do F calculado é 3,16 vezes maior que o F tabelado, mostrando a significância estatística da regressão.

Em análise da superfície de resposta da perda de massa (figura 19), pode se observar o comportamento descrito no diagrama de Pareto, onde o maior valor da perda é indicada pela região vermelha, no ponto onde se tem o menor tempo de imersão e maior concentração de NaCl (5%/30 minutos).

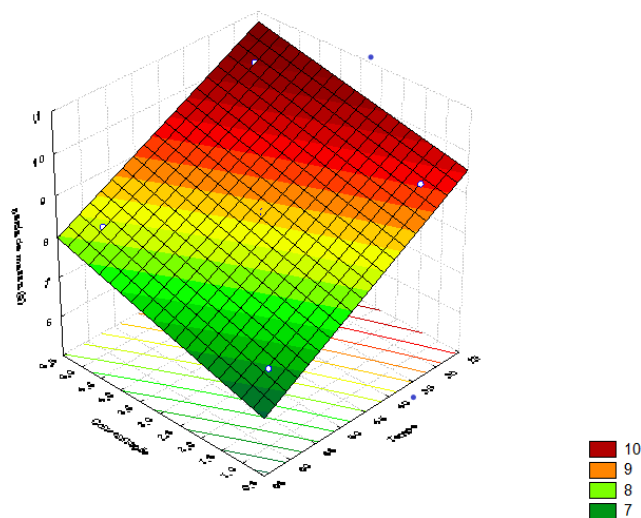


Figura 19 - Gráfico de superfície de resposta para perda de massa em gramas em função da concentração (NaCl) e tempo de imersão (min).

O mesmo comportamento foi observado por Silva e Gomes (2015) ao analisar os efeitos do tempo, temperatura e concentração de NaCl e sacarose na desidratação osmótica de rodela de cenoura, que concluíram que a concentração das soluções osmóticas demonstra maior influência sobre a perda de massa das rodela, sendo a mesma diretamente proporcional a essa perda.

Barbosa Júnior (2014) em seu estudo sobre a desidratação osmótica de melão, utilizando cloreto de sódio e sacarose, verificou-se que o aumento da concentração promoveu a elevação das taxas de perda de água para ambos os solutos. Para Kotovicz (2011) o aumento da concentração da solução osmótica favoreceu a perda de umidade, porém aumentou também a incorporação de sólidos em fatias de Yacon.

Fontes et al., (2012), avaliando o efeito das condições operacionais na desidratação osmótica de batata-doce, puderam concluir que o parâmetro que mais exerceu influência na perda de peso foi a concentração da solução osmótica e este comportamento pode ser explicado pelo fato de que o aumento da viscosidade de uma solução resulta em maior pressão osmótica, impulsionando a saída de água do alimento, fazendo com que ocorra a perda de peso da amostra.

Os diagramas de Pareto para o teor de carotenoides e para cloretos estão expostos na figura 20. Conforme a análise dos diagramas, a interação entre concentração de NaCl e tempo de imersão na solução possui efeito significativo ao nível de 95% de confiança. O valor da interação (-11,2981) para o teor de carotenoides é negativo, indicando que há diminuição na resposta, ao passar do valor mínimo para o máximo. Portanto quando maior é a concentração e menor o tempo e vice e versa, o teor de carotenoides nas rodela diminui.

A concentração da solução osmótica foi a variável que influenciou significativamente e positivamente ($p= 0,05\%$) sobre a resposta cloretos, obtendo um efeito estimado de 12,27367. Portanto quanto mais se aumenta a concentração de solutos nas soluções conseqüentemente tem aumento na porcentagem de cloretos.

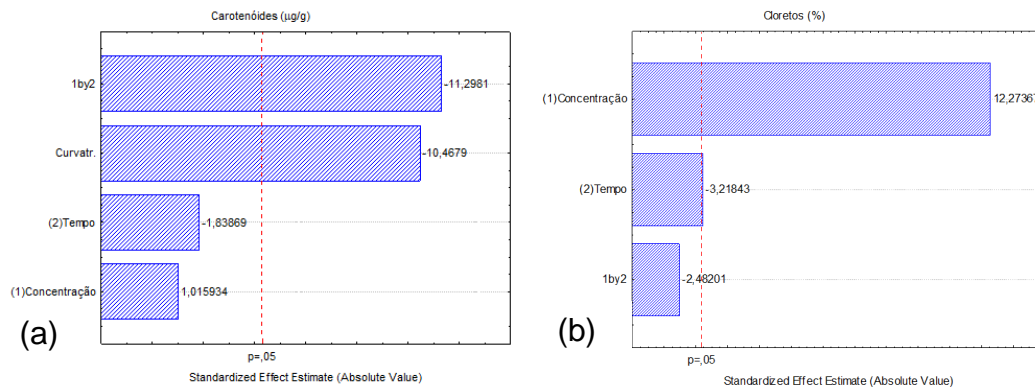


Figura 20 - Diagramas de Pareto para o teor de carotenoides em µg/g (a) e clorets em % (b) das rodelas de cenoura mostrando a influencia das variáveis concentração (NaCl) e tempo de imersão (min).

José Júnior et al. (2004), ao avaliarem o efeito da temperatura e da concentração de cloreto de sódio sobre o ganho de soluto durante o processo de desidratação por osmose, constataram que a concentração da solução exerceu o maior efeito no ganho, o mesmo ocorrido neste estudo. Fan et al. (2014) ao avaliar os coeficientes da distribuição de equilíbrio de abóboras d'água, observaram que os valores de ganho de sólidos apresentaram uma relação de proporcionalidade direta com o aumento tanto da temperatura, quanto da concentração da solução.

Fernandes (2012) em seu trabalho para a obtenção de chips de berinjela mediante ao processo de desidratação osmótica, utilizando soluções ternárias, comenta que a transferência de massa é regida inicialmente pelo cloreto de sódio, pois este possui uma molécula menor que favorece a sua entrada na amostra.

A partir dos resultados obtidos obteve-se o modelo de ajuste para o para o teor de carotenoides totais (equação 14) e para clorets (equação 15) e para avaliar se os modelos são preditivos fez-se a Análise de Variância (ANOVA), exibida nas tabelas 9 e 10.

$$CT (\mu g/g) = 320,945 + 184,785C + 10,663t + 3,987Ct \text{ (Equação 14)}$$

$$\text{Clorets (\%)} = 0,189 + 0,904C + 0,0031t - 0,0076Ct \text{ (Equação 15)}$$

Onde:

CT= teor de carotenoides totais;

C= concentração de NaCl (%);

t= tempo de imersão (min);

Ct= interação entre C e t.

Com relação à Análise de Variância dos modelos obtidos para os carotenoides (tabela 9) e cloretos (tabela 10), observa-se que ambos possuem uma boa qualidade de ajuste, apresentando coeficientes de regressão de 99,17% e 98,23%, respectivamente. Além, serem significativos, são preditivos ao nível de 95% de confiança, uma vez que os valores do F calculado das regressões são a maiores que o F tabelado.

Tabela 9 - Análise de Variância (ANOVA) para a variável carotenoides das rodela de cenoura submetidas ao pré-tratamento osmótico seguindo de secagem.

Fonte de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F _{Cal}	F _{Tab}
Regressão	108320,8	4	27080,2	60,40	19,25
Resíduo	896,6	2	448,3		
Total	109217,4	6			

Coefficiente de determinação (R²) = 99,17%

Tabela 10 - Análise de Variância (ANOVA) para a variável cloretos das rodela de cenoura submetidas ao pré-tratamento osmótico seguindo de secagem.

Fonte de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F _{Cal}	F _{Tab}
Regressão	5,617625	4	1,40440625	27,86	19,25
Resíduo	0,100818	2	0,050409		
Total	5,718443	6			

Coefficiente de determinação (R²) = 98,23%

A figura 21, demonstra os Diagramas de Pareto para as variáveis sólidos solúveis totais e pH.

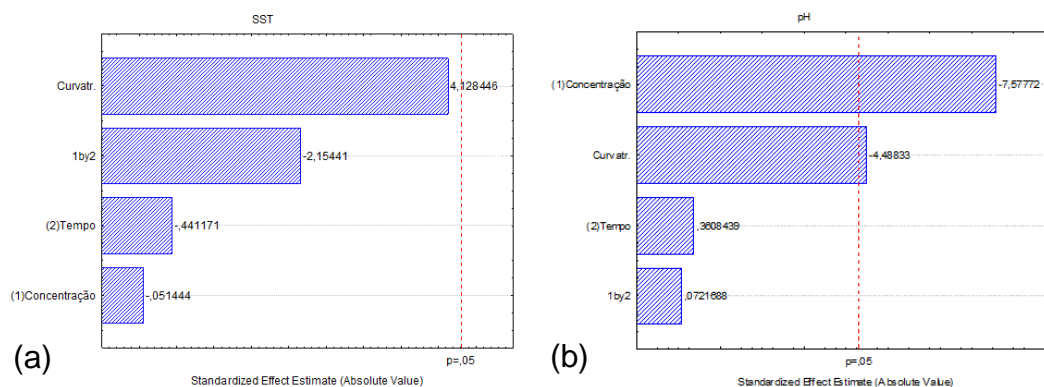


Figura 21 - Diagramas de Pareto para os sólidos solúveis totais (SST a) e pH (b) das rodela de cenoura mostrando a influencia das variáveis concentração (NaCl) e tempo de imersão (min).

Ao analisar os diagramas pode-se verificar que as variáveis concentração e tempo de imersão, bem como a interação das mesmas não exerceram influência na resposta SST. Já para o pH, apenas a concentração foi significativa ao nível de 95% de confiança, apresentando valor negativo - 7,57722, ou seja, ocorre diminuição na resposta, quando a concentração passa do valor mínimo para o máximo. Dessa forma quanto maior a concentração, menor é o valor do pH nas amostras.

O diagrama de Pareto demonstra visualmente qual variável exerceu efeito significativo durante o processo. Segundo Ribeiro et al. (2008), o efeito estimado aponta a influência de cada fator nas respostas estudadas. Quanto maior seu valor, maior é sua influência, e efeito positivo indica que ao passar de um valor mínimo ao valor máximo da variável, a resposta aumenta. No entanto um efeito negativo indica o inverso, ou seja, ao passar de um valor mínimo para o valor máximo, a resposta diminui.

As tabelas 11 e 12 apresentam a Análise de Variância para os sólidos solúveis totais e para pH obtido nas rodela após o processo de desidratação osmótica. Apesar de os coeficientes de determinação indicarem uma boa representatividade dos dados experimentais, com o R^2 de 91,62% para os SST e 97,49% para o pH, os valores do F calculado das regressões indicam que os que as mesmas não são preditivas, pois são menores que os valores do F tabelado. Para que uma regressão seja significativa não apenas estatisticamente, mas também seja útil para fins preditivos, o valor do F calculado para a regressão deve ser maior que o valor de F tabelado.

Tabela 11 - Análise de Variância (ANOVA) para a variável sólidos solúveis totais (SST) das rodela cenoura submetidas ao pré-tratamento osmótico seguindo de secagem.

Fonte de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F _{Cal}	F _{Tab}
Regressão	900,4554	4	225,11385	5,47	19,25
Resíduo	82,2979	2	41,14895		
Total	982,7533	6			

Coefficiente de determinação (R^2) = 91,62%

Tabela 12 - Análise de Variância (ANOVA) para a variável pH das rodela cenoura submetidas ao pré-tratamento osmótico seguindo de secagem.

Fonte de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F _{Cal}	F _{Tab}
Regressão	0,372971	4	0,09324275	19,42	19,25
Resíduo	0,009600	2	0,0048		
Total	0,382571	6			

Coefficiente de determinação (R^2) = 97,49%

6 CONCLUSÃO

Dentro das condições de realização do presente trabalho pode-se concluir que as variáveis dependentes Perda de Carotenoides e Perda de Massa sofreram efeito significativo das variáveis independentes concentração de NaCl da solução osmótica e tempo de imersão, sendo a concentração a variável que se apresentou como a mais relevante, exercendo maior influências na maior parte das respostas obtidas.

De acordo com as variáveis avaliadas, a condição experimental que apresentou maior Perda de Massa foi a qual se utilizou a concentração de 5% de cloreto de sódio com o tempo de imersão de 30 minutos. Já as menores Perdas de Carotenoides foram observadas tanto na condição de 5%/30min, quanto na de 1%/60min. Os modelos das variáveis em questão, além de serem preditivos, explicam 99% das respostas obtidas.

Portanto, de maneira a ampliar este trabalho, a desidratação osmótica da cenoura deve ser analisada em conjunto a outros parâmetros, como combinação de solutos, agitação, temperatura, tamanho e geometria da amostra, destacados significativos pela literatura. Além disso, pode-se também estudar os efeitos nas características físicas como textura, coloração e ainda sobre o escurecimento enzimático, na contaminação microbiológica, fatores que se mostram essenciais para a vida útil e qualidade do alimento.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, P. M. **Estudo da desidratação osmótica da cenoura (*Daucus carota L.*) em fatias**. 2010. 136 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

ANDRADE, E. C. B.; TEODORO, A. J.; TAKASE, I. Determinação dos teores de zinco em diferentes extratos de hortaliças dos tipos A e B. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, p. 265-270, 2005.

ANDRADE, M. L. A. **Desidratação de batata doce sob tratamentos osmóticos**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia.

AKUBOR IP; JOHN I. E. (2012). Quality evaluation and cake making potential of sun and oven dried carrot fruit International. **Journal of Biosciences**. v. 2, n. 10 (2), p. 19-27.

ALVES, T. P.; STRÖHER, G. R.; NICOLETI, J. F.; "CINÉTICA DE SECAGEM OSMO-CONVECTIVA DE PIMENTÃO VERDE: INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS DE PROCESSO", p. 5121-5128. In: **Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química - COBEQ 2014 - Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v.1, n.2. São Paulo: Blucher, 2015. ISSN 2359-1757, DOI 10.5151/chemeng-cobeq2014-2040-16202-179978.

ANDREOLA, K. **Secagem de cenoura (*Daucus carota L.*) assistida por micro-ondas**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Faculdade de Engenharia Química, Campinas.

AOCS. **Approved Procedure Ba 6a-05**; ANKOM Technology Method 10: Crude Fiber Analysis in Feeds - Filter Bag Technique (for A2000 and A2000I). 2006. Disponível em: <https://agronomy.ifas.ufl.edu/pdfs/crudefiber120606_2000.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2018.

AZOUBEL, P. M.; MURR, F. E. X. Mass transfer kinetics of osmotic dehydration of cherry tomato, **Journal of Food Engineering**, v. 61, n. 3, p. 291-295, 2004.
BROD F.P.R. (2003) **Avaliação de um secador vibro-fluidizado**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Campinas – SP, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 361p.

BRASIL. ANVISA. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Resolução-RDC nº 272, de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico para Produtos de Vegetais, Produtos de Frutas e Cogumelos Comestíveis. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 set. 2005, Seção 1.

BRANCO, E. G.; ARGANDOÑA, E. J. S.; SÁVIO, J.; RAMOS, S. Efeito do branqueamento e da solução desidratante na desidratação osmótica de fatias de cenoura. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 7, n. 1, p. 77-90, 2005.

BELLON, A. A.; SOUZA, J. L. de; FAVARATO, L. F.; GUARÇONI, R. C.; ARAÚJO, R. Z.; BALBINO, J. M. de S. In: Encontro Latino Americano de Iniciação Científica. Atributos físico-químicos de cenouras orgânicas submetidas a diferentes tratamentos de conservação pós-colheita, 20. 2016. Paraíba. **Anais...** Paraíba: Universidade do Vale do Paraíba, 2016. p. 1-5.

BRAGA, T. R. **Efeitos de pré-tratamento: desidratação osmótica assistida com ultrassom e luz ultravioleta pulsadas na secagem e qualidade da manga.** 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Tecnologia. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza.

BARBOSA JÚNIOR, J. L. **Desidratação osmótica de melão *orange* : estudo cinético e qualidade do produto.** 2014. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

BORIN, I.; FRASCARELO, E. C.; MAURO, M. A.; KIMURA, M. Efeito do pré-tratamento osmótico com sacarose e cloreto de sódio sobre a secagem convectiva de abóbora. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 28, 39-50, 2008.

COLOMBARI, L. F. **Parcelamento e doses de nitrogênio em cobertura na produção, acúmulo de nutrientes e qualidade de cenoura.** 2015. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho”, Botucatu.

CORRÊA, J. L. G.; ERNESTO, D.B.; ALVES, J. G. L.F.; ANDRADE, R. S. Optimisation of vacuum pulse osmotic de hydration of blanched pumpkin. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 49, p.2008-2014, 2014.

CORRÊA, C. V.; CARDOSO, I. I. Extração de macronutrintes em cenoura em função de potássio em cobertura. **Revista Cultivando o Saber.** v. 10, n. 3, p. 278-285. 2017.

CORRÊA, I. M.; PERFEITO, D. G. A.; MORENO, V. J.; DUTRA, M. B. L. Farinha de cenoura em estágio de maturação avançada como alternativa à redução do desperdício de alimentos. **Multi-Science Journal**, v. 1, n. 10, p. 61-68, 2018.

CECÍLIO FILHO, B.; PEIXOTO, F. C. Acúmulo e exportação de nutrients em cenouro ‘Forto’. **Revista Caatinga.** v. 26, n. 1, p. 64-70. 2013.

CALADO, A. R. P. **Variação da composição nutricional e propriedades de cenouras durante a secagem.** 2014. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Tecnologia Alimentar). Instituto Politécnico de Viseu. Escola Superior Agrária de Viseu, Viseu.

CHIN, N. L.; KEK, S. P.; YUSOF, Y. A. Direct and indirect power ultrasound assisted pre-osmotic treatments in convective drying of guava slices. **Food and Bioproducts Processing**. 2013.

CORRÊA, J. L. G., SILVA FILHO, E. D.; BATISTA, M. B., AROLA, F.; FIOREZE, R. (2008). Desidratação osmótica de tomates seguida de secagem. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, 10(1), 35-42. Disponível em: <http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev101/Art1015.pdf>.

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

CARMO, C. B.; CHAVES, Y. C.; DIAS, B. F.; NETO, D. S. A.; CARVALHO, V. S.; FERREIRA, S. M. Análises Químicas em Cenouras Minimamente Processadas. In: Congresso Estadual de Iniciação Científica do IF Goiano, 4., 2015, Goiás. **Anais...** Goiás: Congresso Estadual de Iniciação Científica do IF Goiano, 2015.

DA SILVA, W.P., SILVA, C.M.D.P.S., AIRES, J.E.F., DA SILVA, A.F.J. Osmotic dehydration and convective drying of coconuts slices: Experimental determination and description using one-dimensional diffusion model. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, 13, p. 162-168, 2014.

DELMIRO, T. M. **Secagem da cenoura (*Daucus Carota L.*) pelo método foam-mat**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Química). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Natal-RN.

EGEA, M. B.; LOBATO, L. P. A desidratação osmótica como pré-tratamento para frutas e hortaliças. **Revista Instituto Adolfo Lutz**. v. 74, n. 4, p. 316-324, 2014.

EMBRAPA, **A Cultura da Cenoura**. 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/cenoura-em-numeros> > Acesso em 17 de janeiro de 2018.

FAO. **FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS**. 2016. Disponível em: < <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>>. Acesso em: 30 de set. de 2019.

FERNANDES, M. A. **Obtenção de “chips” de berinjela (*Solanum melongena L.*) mediante processo combinado de desidratação osmótica em solução ternária e secagem convectiva**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Paraíba.

FONTES, L. C. B.; SIVI, T. C.; RAMOS, K. K.; QUEIROZ, F. P. C. Efeito das condições operacionais no processo de desidratação osmótica de batata-doce. **Revista brasileira de produtos agroindustriais**, v. 14, n. 1, p. 1-13, 2012.

FELLOWS, P. J. (2006) **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e práticas**. 2. Ed. Porto Alegre: Artmed, p. 602.

FANTE, C.; CORRÊA, J.; NATIVIDADE, M.; LIMA, J.; LIMA, L. Drying of plums (*Prunus* sp, c.v Gulfblaze) treated with KCl in the field and subjected to pulsed vacuum osmotic dehydration. **International Journal of Food Science & Technology**, v.46, n.5, p.1080-1085, 2011.

FAN, K.; CHEN, L.; DU, K.; YAN, F. Study on Equilibrium Distribution Coefficients during Osmotic Dehydration of White Gourd Slices. **Journal of Food Processing and Preservation**, 2014.

FARIÑA, L. S. C.; RODRIGUES, I. M. M. A.; HENRIQUES, M. H. F.; SARAIVA, R. J. L.; Otimização do rendimento do sumo da cenoura durante o processo produtivo. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**. p.64-81, 2007.

FAN, L.; ZHANG, M.; XIAO, G.; SUN, J.; TAO, Q.; The optimization of vacuum frying to dehydrate carrot chips. **International Journal of Food Science and Technology**, v.40, p.911-919. 2004.

GONÇALVES, L.; SOLIGO, A.; BONISSONI, C.; ROSA, A. D.; FELTES, M. M. C.; DORS, G. C. Determinação de fibra bruta, detergente e enzimática em diferentes alimentos e a importância na dieta. In: Simpósio de Segurança Alimentar, Alimentação e Saúde, 5., 2015, Bento Gonçalves. **Anais...Bento Gonçalves: SBCTA Regional**, 2015.

GUIMARÃES, I. C.; MENEZES, E. G. T.; RODRIGUES, L. F.; RODRIGUES, A. C.; MONTEIRO, A. G. D. P.; VILAS BOAS, E. V. B. Filme comestível à base de amido e micro/nanofibrilas de celulose de cenoura prolonga a vida útil de cenoura minimamente processada. **Revista B.CEPPA**, Curitiba, v. 34, n. 1, p. 85-110, jan./jun. 2016.

HERMAN-LARA, E.; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, C.E.; PACHECO-ANGULO, H.; CARMONA-GARCÍA, R.; RUIZ-ESPINOSA, H.; RUIZ-LÓPEZ, I.I. Mass transfer modeling of equilibrium and dynamic periods during osmotic dehydration of radish in NaCl solutions. **Food and Bioproducts Processing**, v. 91, n. 3, p. 216-224, 2013.

JERÔNIMO, C. E. M. Desidratação de rodela de cenouras: avaliação dos pré-tratamentos na cinética de secagem e na qualidade do material produzido. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 5, p. 09-17, 2013.

JOSÉ JR, L.B.; ALVES, D.G.; EL-AOUAR, A.A.; ARAÚJO, E.A.F.; MURR, F.E.X.; **Osmotic dehydration of carrot (*Daucus carota* L.) using sodium chloride solution**. Proceedings of the 14th International Drying Symposium, 2004, vol.C, p. 1992-1997.

KUZINA, A. **Valorização de subprodutos de cenoura. Promoção da componente bioactiva.** 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar) – Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Lisboa.

KOTOVICZ, V. **Otimização da desidratação osmótica e secagem do yacon (Polymnia sonchifolia).** 2011. 137 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

KHAN, M. R. Osmotic dehydration technique for fruits preservation - A review. **Pakistan Journal of Food Sciences**, v. 22, n. 2, p. 71-85, 2012.

KENNEDY, J. F; SINGH, B; PANESAR, P. S; NANDA, V. Optimization of osmotic dehydration process of carrot cubes in mixtures of sucrose and sodium chloride solutions. **Food Chemistry**, p. 590-600, 2010.

KOCA, N.; BURDURLU, H. S.; KARADENIZ, F.; Kinetics of colour changes in dehydrated carrots. **Journal of Food Engineering**, v.78, p.449-445, 2005

KRUGER, C.; DALAGNOL, M. T. **Desidratação osmótica como tratamento preliminar na secagem convectiva de abacaxi (Ananas comosus L. Merrill).** 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Bacherelado em Química). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná.

KEEY, R. B. **Drying of loose and particulate material.** New York: Hemisphere Publishing Corporation, 1992, p. 215-251.

LOPES, F. J. **Estudo do fenômeno de encolhimento na secagem convectiva de abacaxi com aplicação de micro-ondas.** 2013. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Rio de Janeiro.

LIMA, L. M. P. de. **Otimização da desidratação osmótica do sapoti (Achras zapota L).** 2013. Dissertação (Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Ciência Doméstica. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife.

LIMA, A. R.; PORCINCULA, B. D. A. Estudo da Cinética de secagem de cenoura e determinação da reidratação do produto desidratado. In: Simpósio de Segurança Alimentar, 6., 2018. Gramado. **Anais...**Gramado: SBCTA Regional, 2018.

LEITE, J. C. S. **Processo de desidratação osmótica de hortaliças: um estudo de caso da cenoura.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí.

LUTZ, A. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. Edição digital.

MATOS, F.A.C.; LOPES, H.R.D.; DIAS, R. de L.; ALVES, R.T. **Agricultura familiar**: Cenoura, Brasília: Plano Mídia, 2011.

MESQUITA, G. F.; TORQUILLO, H. S. O uso dos carotenoides para promoção da saúde. **Perspectiva da Ciência e Tecnologia**, v. 8, n. 2, 2016.

MAURO, M. A.; GARCIA, C. C.; KIMURA, M. Effects of osmotic dehydration on air-drying and on characteristics of dried pumpkin (*Cucurbita moschata*) In: ENPROMER 2005 - 2nd Mercosur Congress on Chemical Engineering / 4th Mercosur Congress on Process Systems Engineering, Rio de Janeiro, Brazil. **Anais do Enpromer 2005**.

MAI, S. C.; FRIEDRICH, G. B.; FONSECA, C.; MENONCIN, S.; TERNUS, R. Z.; DALCANTON, F. Avaliação do pré-tratamento osmótico com cloreto de sódio e diferentes tempos sobre a secagem convectiva da abóbora cabotiá. **Revista CSBEA**, v. 1, n. 1, 2015.

MEDEIROS G. R.; KWIATKOWSKI A., CLEMENTE E.; COSTA, J. M. C. Avaliação de carotenóides em cenoura e análise sensorial de barras de cereais elaboradas com cenoura desidratada. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Paraná, v. 05, n. 1, p. 306-313, 2011. ISSN: 1981-3686/D.O.I: 10.3895/S1981-36862011000100006.

MENDONÇA, V.Z.; CORRÊA, C.V.; GOUVEIA, A.M.S.; EVANGELISTA, R.M. Alterações físico-químicas em raízes de cenoura em consequência do processamento mínimo e do período de armazenamento. **Revista Raízes e Amidos Tropicais, Botucatu**, v.12, p. 96-108, 2016.

MONTILLA, A; GAMBOA-SANTOS, J; SORIA, A. C; PÉREZ-MATEOS, M; CARRASCO, J. A; VILLAMIEL, M. Vitamin C content and sensorial properties of dehydrated carrots blanched conventionally or by ultrasound. **Food Chemistry**, p. 782-788, 2013.

MIMURA, H.J., JORGE, R.M.M., MATHIAS, A.L. Pré-tratamentos na secagem e reidratação de champignon em fatias. **Ciência Rural**, 44 (4), p. 717-722, 2014.

NUNES, F. M; ABRAÃO, A. S; LEMOS, A. M; VILELA, A; SOUSA, J. M. Influence of osmotic dehydration process parameters on the quality of candied pumpkins. **Food and Bioproducts Processing**, v. 91, p. 481-494, 2013.

NASCIMENTO, P. **Avaliação da retenção de carotenoides de abóbora, mandioca e batata-doce. 2006. Dissertação** (Mestrado em Engenharia e Ciências de Alimentos) – Universidade Estadual Paulista.

NOVAES, C. G.; YAMAKI, R. T.; DE PAULA, V. F.; DO NASCIMENTO JÚNIOR, B. B.; BARRETO, J. A.; VALASQUES, G. S; BEZERRA, M. A. Otimização de métodos analíticos usando metodologia de superfície de resposta – Parte I: Variáveis do Processo. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 3, 2017.

OLIVEIRA, F. I. P; GALLÃO, M. I; RODRIGUES, S; FERNANDES, F. A. N. Dehydration of Malay Apple (*Syzygium malaccense* L.) using ultrasound as pretreatment. **Food Bioprocess Technology**, p. 610-615, 2011.

PAN, Y. K. et al. Osmotic dehydration pretreatment in drying of fruits and vegetables. **Drying Technology**, v. 21, n. 6, p. 1101-1114, 2003.

PACHECO, S. et al. Adaptação do Método de Extração de Carotenoides para Escala de Micro-extração. In: REUNIÃO DE BIOFORTIFICAÇÃO, 4, 2011. **Anais...** Teresina: EMBRAPA, 2011.

PIGOLI, D. R.; VIEITES, R. L; DAIUTO, E. R. Alterações nutricionais em casca e polpa de cenoura decorrentes de diferentes métodos de cozimento. **Revista Energia na Agricultura**. v. 29, n. 2, p 121-27. 2014.

PEREZ L. G.; OLIVEIRA F. M. N; ANDRADE J. S.; MOREIRA FILHO M. Cinética de secagem da polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) pré desidratada por imersão-impregnação. **Revista Ciências Agrônômicas**. 2013;44(1):102-6.

PARK, K. J., ANTÔNIO, G. C., OLIVEIRA, R. A. de., PARK, K. J. B. (2007). **Conceitos de processo e equipamentos de secagem**. Campinas. 47p. .

PEREIRA, A. S. **Teores de carotenoides em cenoura (*Daucuscarota* L.) e sua relação com a coloração das raízes**. 2002. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PEREIRA, V. S. **Caracterização físico-química, carotenóides totais e elementos traço em cenoura (*Daucuscarota* L.) e tomate (*Lycopersiconesculentum*) orgânico e convencional**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais.

PINHEIRO-SANTANA, H. M. et al. Evaluation of total carotenoids, α e β -caroteno in carrots (*Daucuscarota* L.) during home processing. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.18, n.1, p. 39-44, Jan./Apr. 1998.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B., et al. Carotenoid pigment changes in ripening Momordicacharantia fruits. **Annals of Botany**, v.40, n. 3, p.615-624, 1976.

RONCHETI, E. F. S. **Estudo do processo de secagem em leite de espuma de cenoura, tomate, beterraba e morango**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo.

ROSA, J. G. **Secagem de cenoura (*Daucuscarota*) em microondas**.2010. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de São Carlos.

RODRIGUES-AMAYA, D. B. Critical review of provitamin: a determination in plant foods. **J. Micronutr. Anal.**, v. 5, n. 1, p 191-225, 1989.

SILVA, T. V.; TELEGINSKI, F.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J.; RESENDE, J. T. V.; BRANCO, I. G. **Influência do branqueamento e da desidratação osmótica na secagem de fatiais de cenoura.** 2007. Disponível em: www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/Download/Biblioteca/46_0580.pdf f. Acesso em: 03 de out. de 2018.

SILVA, Andreia Souto da. **Avaliação da secagem do bagaço de cajá usando planejamento fatorial composto central.** 2008. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)-Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. 2008.

SILVA, M. L. C.; COSTA, M. S.; SANTANA, R. S.; Andréa; KOBLOITZ, M. G. B. Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Semina: Ciências Agrárias**, vol. 31, núm. 3, p. 669-681, 2010.

SILVA, W. P; AMARAL, D. S; DUARTE, M. E. M; MATA, M. E. R. M. C; SILVA, C. M. D. P. S; PINHEIRO, R. M. M; PESSOA, T. Description of the osmotic dehydration and convective drying of coconut (*Cocos nucifera* L.) pieces: A three-dimensional approach. **Journal of Food Engineering**, v. 115, p. 121-131, 2013.

SILVA, E. G. **Composição bioativa de cenoura em função da época de colheita e do processamento mínimo.** 2013. Tese (Mestrado em Agronomia). Instituto Superior de Agronomia. Universidade de Lisboa, Lisboa.

SILVA, J. M.; GOMES, L. R. 2015. **Avaliação do efeito do tempo, temperature e concentração de solução (sacarose/NaCl) no processo de desidratação osmótica em cenouras (*Daucus carota* L.).** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia de Alimentos) – Universidade do Estado do Pará, Redenção.

SILVA A. L., J.R.A.; NETO J. R. A. D.; SANTOS, D. S. S. R.; SILVA, G. F.; LIMA, A. S.; ALSINA, O.L.S. In: Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados. **Efeito do pré-tratamento osmótico sobre a cinética de secagem convectiva da mangaba (*Hancornia speciosa*),**37., 2015. São Carlos-SP. *Anais...*São Carlos: ENEMP, 2015a. P. 1848-1857.

SILVA, J. A. da; BAIA R. T.; RODRIGUES W. L. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica. Simulação do processo de secagem osmo-convectiva de banana prata, 11, 2015b. Campinas-SP. *Anais...*Campinas:Unicamp,2015. p. 2655-2660.

SILVA, A. C. B.; SCHUQUEL, L. C. dos S.; SILVA, C. O.; PASCOAL, G. B. Qualidade nutricional e físico-química em cenoura (*Daucus carota* L.) *in natura* e minimamente processada. **Revista Demetria: alimentação nutrição e saúde.** v. 11, n.2, p. 355-367. 2016.

SILVA, H. R. P.; CUCO, R. P.; PORCINCULA, B. D.; SILVA, C. Avaliação dos parâmetros termodinâmicos e cinéticos de cenouras submetidas a secagem convectiva. **Revista E-xacta**, v. 10, n. 2, p. 73-80, 2017.

SAGGIN, S. F. **Avaliação físico-química de hortaliças orgânicas congeladas**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Nutrição) – Departamento de Ciências da Vida, Universidade do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí.

SANTOS, D. M. **Desidratação osmótica de batata yacon (*Smallanthus sonchifolius*) utilizando diferentes edulcorantes**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) – Campus de Laranjeira do Sul, Universidade Federal da Fronteira Sul, Laranjeiras do Sul.

SÉRIO, S. I. A. **Estudo de tratamentos prévios para o controle de acastanhamento de cenoura secada**. 2014. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Tecnologia Alimentar) – Instituto Politécnico de Viseu, Escola Superior Agrária de Viseu.

SILVEIRA, M. S. **Efeitos da desidratação osmótica e desidratação assistida por ultrassom na secagem convectiva de cenoura (*Daucus carota*)**. 2014. Tese (Doutorado em Engenharia Química). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SIQUEIRA, L. P. de. **Desidratação osmótica como alternativa tecnológica para a preservação do gengibre**. 2014. Tese (Doutorado em Nutrição). Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

SANTOS, C. E.; KIST, B. B.; CARVALHO, C.; REETZ, E. R.; MÜLLER, I.; BELING, R. R.; POLL, H. **Anuário brasileiro de hortaliças 2015**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2015. 68p.

SINGH, B; HATHAN, B. S. Optimization of osmotic dehydration process of beetroot (*beta vulgaris*) in sugar solution using rsm. **International Journal of Food, Agriculture and Veterinary Sciences**. v.3, p. 1-10, 2013.

RIBEIRO, SUEZILDE C. A.; PARK, KIL JIN; HUBINGER, M. D.; RIBEIRO, CARMELITA F. A.; ARAUJO, E. A. F.; TOBINAGA, S. Otimização da desidratação osmótica de filés de mapará (*Hypophthalmus edentatus*) através da metodologia de superfície de resposta. **Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas**, v.28, n.2, p. 485-492, 2008.

TAWATA, N. **Determinação de carotenoides em alimentos brasileiros *in natura*, processados e preparados para a tabela nacional de composição de alimentos**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

TEIXEIRA, L. J. Q.; POLA, C.C.; JUNQUEIRA, M. S.; MENDES, F. Q.; JUNIOR, S. R. Cenoura (*Daucus carota* L.): processamento e composição

química. **Enciclopedia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, n.12; 2011.

TIAN, C; MA, T; LUO, J; ZHOU, R; SUN, X; MA, J. Influence of technical processing units on polyphenols and antioxidant capacity of carrot (*Daucus carrot* L.) juice. **Food Chemistry**, p. 1637-1644, 2013.

TEÓFILO, T.M.S.; FREITAS, F.C.L. de; NEGREIROS, M.Z. de; LOPES, W. de A.R.; VIEIRA, S.S.V.S. Crescimento de cultivares de cenoura nas condições de Mossoró-RN. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 1, p. 168-174, 2009

TACO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. 4ed. revisada e ampliada. Campinas, SP: UNICAMP, 2011. Disponível em<http://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf?arquivo=ta_co_4_versao_ampliada_e_revisada.pdf>. Acesso em 30 de set. de 2019.

USDA. **United States Department of Agriculture, Economic Research Service**. (2003). *Vegetables and Specialties Situation and Outlook Yearbook*.

VILLAMIEL, M; GAMBOA-SANTOS, J; SORIA, A. N; MONTILLA, A. Quality parameters in convective dehydrated carrots blanched by ultrasound and conventional treatment. **Food Chemistry**. p. 616-624, 2013.

VERONEZI, C, M.; JORGE, N. Carotenoides em abóboras. **B.CEPPA**, Curitiba, v. 29, n. 1, p. 9-20, 2011.

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

ZENG, X; JABBAR, S; ABID, M; HU, B; WU, T; HASHIM, M. M; LEI, S; ZHU, X. Quality of carrot juice as influenced by blanching and sonication. **Food Science and Technology**, p. 16-21, 2011



Universidade do Estado do Pará
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Curso de Tecnologia de Alimentos
Travessa Enéas Pinheiro, 2626 – Marco
66095-490. Belém – PA
www.uepa.br