

Engenharias, Ciência e Tecnologia 6

**Luís Fernando Paulista Cotian
(Organizador)**

Luís Fernando Paulista Cotian
(Organizador)

Engenharias, Ciência e Tecnologia

6

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Lorena Prestes

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E57 Engenharias, ciência e tecnologia 6 [recurso eletrônico] / Organizador
Luís Fernando Paulista Cotian. – Ponta Grossa (PR): Atena
Editora, 2019. – (Engenharias, Ciência e Tecnologia; v. 6)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia.

ISBN 978-85-7247-089-6

DOI 10.22533/at.ed.896193101

1. Ciência. 2. Engenharia. 3. Inovações tecnológicas.
4. Tecnologia. I. Cotian, Luís Fernando Paulista. II. Série.

CDD 658.5

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de
responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos
autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Engenharia, Ciência e Tecnologia” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora. O volume VI apresenta, em seus 19 capítulos, conhecimentos relacionados a Gestão da Tecnologia, Conhecimento, Projetos, Estratégicas e Informação relacionadas à engenharia de produção nas áreas de Gestão da Inovação, Gestão da Tecnologia, Gestão da Informação de Produção e Operações, Gestão de Projetos, Gestão do Conhecimento em Sistemas Produtivos e Transferência de tecnologia.

A área temática de Gestão da Tecnologia, Conhecimento, Projetos, Estratégicas e Informação trata de temas relevantes para a mecanismos que auxiliam na gestão das informações, formas de gerir o conhecimento, como fazer a gestão de um projeto. As análises e aplicações de novos estudos proporciona que estudantes utilizem conhecimentos tanto teóricos quanto tácitos na área acadêmica ou no desempenho da função em alguma empresa.

Para atender os requisitos do mercado as organizações precisam levar em consideração a área de gestão, sejam eles do mercado ou do próprio ambiente interno, tornando-a mais competitiva e seguindo a legislação vigente.

Aos autores dos capítulos, ficam registrados os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora, pela dedicação e empenho sem limites que tornaram realidade esta obra, que retrata os recentes avanços científicos do tema.

Por fim, espero que esta obra venha a corroborar no desenvolvimento de novos conhecimentos de Gestão da Tecnologia, Conhecimento, Projetos, Estratégicas e Informação e auxilie os estudantes e pesquisadores na imersão em novas reflexões acerca dos tópicos relevantes na área de engenharia de produção.

Boa leitura!

Luís Fernando Paulista Cotian

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
“UM ENGENHEIRO NECESSITA COMUNICAR-SE DE FORMA EFICIENTE?”: REFLEXÕES SOBRE PRÁTICAS COMUNICACIONAIS	
<i>Nathália dos Santos Araújo</i> <i>Marilu Martens Oliveira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8961931011	
CAPÍTULO 2	6
“CONFIE EM MIM!” - UMA BREVE ANÁLISE DA OBRA CINEMATOGRAFICA “MEU MESTRE, MINHA VIDA”	
<i>Cíntia Cristiane de Andrade</i> <i>Paulo Cesar Canato Santinelo</i> <i>Lucila Akiko Nagashima</i> <i>Marilene Mieko Yamamoto Pires</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8961931012	
CAPÍTULO 3	16
A DIDÁTICA DAS CIÊNCIAS E A FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DOS ANOS INICIAIS	
<i>Guilherme Robson Muller</i> <i>Alana Neto Zoch</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8961931013	
CAPÍTULO 4	28
A IMPLEMENTAÇÃO DA TECNOLOGIA DE PEÇAS TRIDIMENSIONAIS E SUA APLICABILIDADE NO ENSINO DO DESENHO TÉCNICO	
<i>Mateus Andrade de Sousa Costa</i> <i>Lucas Soares de Oliveira</i> <i>Laldiane de Souza Pinheiro</i> <i>Débora Carla Barboza de Sousa</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8961931014	
CAPÍTULO 5	37
A IMPORTÂNCIA DOS “AULÕES” PREPARATÓRIOS PARA VESTIBULAR NA DISCIPLINA DE QUÍMICA	
<i>Renato Marcondes</i> <i>Emerson Luiz dos Santos Veiga</i> <i>Adolar Noernberg Júnior</i> <i>Elias da Costa</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8961931015	
CAPÍTULO 6	48
A INICIAÇÃO CIENTÍFICA NOS CURSOS DA FACULDADE DE ENGENHARIA DA UEMG: DISPARIDADES E DESAFIOS	
<i>Filipe Mattos Gonçalves</i> <i>Júnia Soares Alexandrino</i> <i>Natália Pereira da Silva</i> <i>Telma Ellen Drummond Ferreira</i> <i>Aline da Luz Pascoal</i>	
DOI 10.22533/at.ed.8961931016	

CAPÍTULO 7 56

A INTEGRAÇÃO DAS DISCIPLINAS GRÁFICAS NOS CURSOS DE ENGENHARIA CIVIL ATRAVÉS DA COMPUTAÇÃO GRÁFICA

Gisele Lopes de Carvalho
Ana Cláudia Rocha Cavalcanti
Flávio Antônio Miranda de Souza

DOI 10.22533/at.ed.8961931017

CAPÍTULO 8 70

A METODOLOGIA DIVERSIFICADA DO PROFESSOR DE LÍNGUA ESPANHOLA NO CONTEXTO DE SALA DE AULA NA ESCOLA ESTADUAL DESEMBARGADOR SADOC PEREIRA – ALTO ALEGRE/RR.

Antonia Honorata Silva
Marilene Kreutz Oliveira
Lenir Santos do Nascimento Moura
Maria Conceição Vieira Sampaio

DOI 10.22533/at.ed.8961931018

CAPÍTULO 9 78

A PERCEPÇÃO DO PROCESSO DE PROJETO POR ALUNOS DE ARQUITETURA E ENGENHARIA: A DISCIPLINA DE COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE PROJETOS

Renata Soares Faria
Antônio Cleber Gonçalves Tibiriçá
Monique Ângelo Ribeiro de Oliveira
Thais Saggiaro Valentim

DOI 10.22533/at.ed.8961931019

CAPÍTULO 10 88

ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO DE EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE ARQUITETURA NAVAL

Michel Tremarin
Felipe Correia Graef Romano

DOI 10.22533/at.ed.89619310110

CAPÍTULO 11 97

ANÁLISE DAS DIFICULDADES APRESENTADAS POR DISCENTES, DAS ENGENHARIAS, NA DISCIPLINA DE CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL I

Luciana Cláudia de Paula
Carlos Luide Bião dos Reis
Romenique da Rocha Silva

DOI 10.22533/at.ed.89619310111

CAPÍTULO 12 107

ANÁLISE DOS PARÂMETROS EDUCACIONAIS DO GRUPO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL DA FACULDADE ARAGUAIA (GPEA)

Ressiliane Ribeiro Prata Alonso
Milton Gonçalves da Silva Junior
Fernando Ernesto Ucker
Rita de Cássia Del Bianco

DOI 10.22533/at.ed.89619310112

CAPÍTULO 13 114

AULA DE EDUCAÇÃO NUTRUCIONAL PARA INCENTIVAR HÁBITOS ALIMENTARES SAUDÁVEIS DE PAIS PARA FILHOS

Margareth Cordeiro Schitkoski
Siumara Aparecida de Lima

DOI 10.22533/at.ed.89619310113

CAPÍTULO 14 122

AVALIAÇÃO DA CINEMÁTICA DE ONDAS IRREGULARES PARA DOIS MÉTODOS DE DISCRETIZAÇÃO ESPECTRAL

Jéssica Pontes de Vasconcelos
Michele Agra de Lemos Martins
Heleno Pontes Bezerra Neto
Eduardo Nobre Lages

DOI 10.22533/at.ed.89619310114

CAPÍTULO 15 131

DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DE CENOURA: EFEITO DE DIFERENTES TEMPERATURAS E PRESSÕES DE VÁCUO

João Renato de Jesus Junqueira
Jefferson Luiz Gomes Corrêa
Paula Silveira Giarolla
Amanda Umbelina Souza
Ronaldo Elias de Mello Junior
Mariana Gonçalves Souza

DOI 10.22533/at.ed.89619310115

CAPÍTULO 16 147

IMPLICAÇÕES DO PLANEJAMENTO INADEQUADO NO BAIRRO PRICUMÃ EM BOA VISTA /RR

Francilene Cardoso Alves Fortes
Emerson Lopes de Amorim
Samuel Costa Souza
Ailton Monteiro Cabral
Joseildo Soares de Souza
Daniel Cleonicio L. de Mendonça

DOI 10.22533/at.ed.89619310116

CAPÍTULO 17 157

METODOLOGIAS PARA ASSENTAMENTO DE SAPATAS DE REVESTIMENTO EM POÇO DE ÁGUAS PROFUNDAS DA FORMAÇÃO CALUMBI

Suellen Maria Santana Andrade
Alisson Vidal dos Anjos
Alex Viana Veloso

DOI 10.22533/at.ed.89619310117

CAPÍTULO 18 166

PM CANVAS APLICADO NO PLANEJAMENTO DE PROJETOS EDUCACIONAIS DE ENGENHARIA

Alexandre Luiz Amarante Mesquita
Kelvin Alves Pinheiro
Erlan Oliveira Mendonça

DOI 10.22533/at.ed.89619310118

CAPÍTULO 19 175

PROPOSTA DE DESIGN PARA O MODELO DE NEGÓCIO DE UMA PLATAFORMA DIGITAL DE SERVIÇO

Alan Felismino da Silva

André Ribeiro de Oliveira

Victor Hugo de Azevedo Meirelles

DOI 10.22533/at.ed.89619310119

SOBRE O ORGANIZADOR..... 187

DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DE CENOURA: EFEITO DE DIFERENTES TEMPERATURAS E PRESSÕES DE VÁCUO

João Renato de Jesus Junqueira

Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciência de Alimentos
Lavras - Minas Gerais

Jefferson Luiz Gomes Corrêa

Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciência de Alimentos
Lavras - Minas Gerais

Paula Silveira Giarolla

Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciência de Alimentos
Lavras - Minas Gerais

Amanda Umbelina Souza

Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciência de Alimentos
Lavras - Minas Gerais

Ronaldo Elias de Mello Junior

Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciência de Alimentos
Lavras - Minas Gerais

Mariana Gonçalves Souza

Universidade Federal de Lavras, Departamento de Engenharia
Lavras - Minas Gerais

RESUMO: Os efeitos de diferentes temperaturas (25 e 35 °C) e pressões de vácuo (0, 300 e 600 mmHg) na desidratação osmótica de fatias de cenoura (*Daucus carota*) foram avaliados. As cinéticas de perda de água (PA) e ganho de

sólidos (GS) foram obtidas durante 480 minutos de processo. Foi empregada uma solução osmótica ternária (40 % sacarose e 10% cloreto de sódio p/p). Os resultados experimentais foram ajustados a cinco equações empíricas e ao modelo de difusividade baseado na segunda lei de Fick. Maior temperatura e pressão de vácuo promoveram maior GS. Não foram observadas influências de temperatura e pressão na PA. De maneira geral, a equação de Midilli e Kuçuk apresentou maior valor de R² e menores valores de χ^2 e p (%). A difusividade efetiva foi determinada utilizando-se a segunda lei de Fick aplicada à geometria de placa plana, encontrando-se valores de $3,913 \times 10^{-10}$ a $7,580 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ para a PA, e de $1,443 \times 10^{-10}$ a $3,251 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ para o GS.

PALAVRAS-CHAVE: Desidratação osmótica com pulso de vácuo; difusividade; modelos matemáticos.

ABSTRACT: The effects of different temperatures (25 and 35 °C) and vacuum pressures (0; 300 and 600 mmHg) on the osmotic dehydration of carrot slices (*Daucus carota*) were evaluated. The water loss (WL) and solid gain (SG) kinetics were obtained during 480 minutes of process. A ternary osmotic solution was employed (40 % sucrose and 10 % sodium chloride w/w). The experimental results were adjusted by five empirical equations and to the diffusional model,

according to the Fick's second law. Higher temperature and vacuum pressure promoted higher SG. It was not observed the influences of the temperature and vacuum pressure on the WL. In a general way, the Midilli and Kuçuk's equation presented higher R^2 values and lower χ^2 e p (%) values. The effective diffusivity was determined according to the Fick's second law applied to a flat plate, and it ranged from 3.913×10^{-10} to $7.580 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ for the WL, and from 1.443×10^{-10} to $3.251 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ for SG.

KEYWORDS: Pulsed vacuum osmotic dehydration; diffusivity; mathematical models.

1 | INTRODUÇÃO

A cenoura (*Daucus carota* L.) é uma raiz tuberosa de coloração alaranjada consumida principalmente crua, cozida e refogada. É fonte de fibras, β -caroteno, tiamina, vitamina C e ferro. Apresenta alto teor de umidade e atividade de água (a_w), sendo necessário emprego de técnicas para sua melhor conservação (Changrue, Orsat, 2009; Koç *et al.*, 2017).

Dentre os vários métodos empregados para extensão da vida útil e estabilidade de alimentos perecíveis, a desidratação osmótica (DO) é um processo simples e barato, que auxilia o consumo dos produtos em regiões distantes do local de produção e em períodos de entressafra (Mendonça *et al.*, 2016; Singh, Gupta, 2007).

A DO é um processo em que parte da água é removida do alimento, através de sua imersão em uma solução hipertônica. Devido a um gradiente de pressão osmótica, a água do interior dos tecidos migra para a solução. Os sólidos contidos na solução osmótica são incorporados ao alimento graças a uma diferença de concentração. Ocorre ainda uma perda de compostos hidrossolúveis (vitaminas e minerais) por lixiviação (Herman-Lara *et al.*, 2013; Junqueira *et al.*, 2017).

Um incremento nas taxas de transferência de massa durante a DO pode ser obtido pela aplicação de pressão reduzida no início do processo, em uma operação denominada desidratação osmótica com pulso de vácuo (DOPV). O vácuo parcial promove a expansão de gases ocluídos nos poros dos alimentos. Quando a pressão atmosférica é restaurada, os gases são removidos através de um mecanismo hidrodinâmico, aumentando assim a área específica para transferência de massa (Fito, 1994; Oliveira *et al.*, 2016; Viana *et al.*, 2014).

Os agentes osmóticos mais comumente utilizados são sacarose e o cloreto de sódio (NaCl), pois apresentam boa redução no teor de umidade e atividade de água dos produtos, alta solubilidade em água, baixo custo e efeito positivo sobre as propriedades sensoriais e nutricionais e a estabilidade final do produto (desde que empregados em proporções adequadas) (Mercali *et al.*, 2011; Tonon *et al.*, 2006).

Os sistemas osmóticos podem ser binários (compostos por água e um agente osmótico) ou ternários (compostos por água e dois diferentes agentes osmóticos). As soluções ternárias promovem efeito sinérgico dos solutos utilizados na solução

desidratante. A desidratção osmótica em soluções ternárias de água, sacarose e NaCl permite o uso de concentrações maiores de solutos, sem que se atinja o limite de saturação das soluções, além de aumentar a perda de água em comparação com as soluções binárias salinas (Corrêa *et al.*, 2014; Heredia *et al.*, 2012).

O objetivo desse trabalho foi estudar a desidratção osmótica de fatias de cenoura em diferentes condições de temperatura e pressão. Foram avaliadas as cinéticas de perda de água e ganho de sólidos. Os dados experimentais foram ajustados a cinco equações empíricas da literatura (Page, Newton, Henderson e Pabis, Logarítmico, Midilli e Kuçuk) e as difusividades efetivas de água e sólidos foram calculadas de acordo com a solução analítica da segunda lei de Fick.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

Acenoura (*Daucus carota* L.) utilizada nos experimentos de desidratção osmótica foi adquirida no comércio local (Lavras, MG, Brasil) e armazenada em refrigerador à $8 \pm 1^\circ\text{C}$. As raízes foram selecionadas com base em características uniformes de cor, diâmetro, maturação e sem danos físicos, visando minimizar as diferenças na amostragem. O teor inicial de umidade foi de $0,872 \pm 0,009$ kg de água/kg amostra, determinado pela secagem em estufa à vácuo a 70°C até peso constante (AOAC, 2007).

Análises de pH (Digimed, DMpH-2, São Paulo, Brasil), sólidos solúveis totais (Tecnal, AR-200, São Paulo, Brasil) e atividade de água (Aqualab, 3-TE, Decagon Devices Inc., Pullman) também foram realizadas para caracterização da cenoura *in natura*. O pH foi $5,89 \pm 0,03$ e o teor de sólidos solúveis foi $0,09 \pm 0,00$ kg sólido/kg produto. A a_w inicial foi $0,982 \pm 0,005$.

2.2 Preparação das Amostras e da Solução Osmótica

As raízes foram lavadas, descascadas manualmente e cortadas em fatias de 2,00 cm de comprimento x 2,00 cm de largura x 0,40 cm de espessura, com auxílio de uma faca e um molde de aço inox. A solução osmótica foi preparada com água destilada, e os agentes utilizados foram cloreto de sódio (NaCl) e sacarose comerciais. As concentrações de cloreto de sódio e sacarose empregadas foram 0,10 kg NaCl/ kg solução e 0,40 de sacarose/ kg solução. A a_w da solução osmótica foi $0,836 \pm 0,001$.

2.3 Desidratção Osmótica

Os experimentos de DO foram realizados em diferentes temperaturas, a pressão atmosférica e reduzida, como apresentado na Tabela 1.

Tratamento	T (° C)	PV (mm Hg)
1	25	0
2	35	0
3	25	300
4	35	300
5	25	600
6	35	600

Tabela 1: Condições experimentais dos tratamentos de desidratação osmótica

As amostras foram dispostas em erlenmeyers de 100 mL contendo a solução osmótica na proporção raiz:solução de 1:10 (p/p). Os tratamentos com aplicação de vácuo nos primeiros dez minutos de processo (DOPV) foram conduzidos inicialmente em um desidratador osmótico com controle de temperatura (Biasinox, Lambari, Brasil) (Viana; Corrêa; Justus, 2014). Após a aplicação do vácuo, o processo foi conduzido à pressão atmosférica por um tempo total de 480 minutos em uma câmara de controle de temperatura (ELETROlab, EL 111/4, São Paulo, Brasil).

Em tempos pré-definidos (10; 20; 30; 40; 60; 90; 120; 180; 240; 300; 360; 420 e 480 min), as amostras foram retiradas da solução. Cada amostra foi então imersa em água gelada por 10 s para cessar o processo osmótico, e seca em papel absorvente para remover o excesso de solução.

As amostras foram então pesadas e tiveram seu teor de umidade determinados em estufa à vácuo a 70°C até peso constante (AOAC, 2007). Os experimentos foram realizados em quadruplicata e o valor médio, reportado.

As Equações 1 e 2 foram empregadas para obtenção da perda de água (PA) e ganho de sólidos (GS), respectivamente (Corrêa *et al.*, 2010)

$$PA = \frac{X_{w0}M_0 - X_{wt}M_t}{M_0} \quad (1)$$

$$GS = \frac{M_t X_{st} - M_0(1 - X_{w0})}{M_0} \quad (2)$$

2.4 Modelagem Matemática

2.4.1 Equações Empíricas de Cinética de Desidratação

Na modelagem matemática, cinco equações empíricas foram testadas para selecionar a de melhor ajuste aos dados experimentais da cinética de desidratação de cenoura (Tabela 2). O teor adimensional de umidade (MR) foi calculado de acordo com a Equação 3:

$$MR = \frac{X_{w0} - X_{weq}}{X_{wt} - X_{weq}} \quad (3)$$

O teor de umidade no equilíbrio foi obtido de acordo com a equação de Peleg (Equação 4) (Palou *et al.*, 1994).

$$X_{wt} = X_{w0} \pm \frac{t}{K_1 - K_2 t} \quad (4)$$

Modelo	Equação
Page	$MR = \exp(-kt^n)$
Newton	$MR = \exp(-kt)$
Henderson e Pabis	$MR = a \exp(-kt)$
Logarítmico	$MR = a \exp(-kt) + b$
Midilli e Kuçuk	$MR = a \exp(-kt^n) + bt$

Tabela 2: Modelos matemáticos aplicados aos dados de cinética de desidratação osmótica de fatias de cenoura

2.4.2 Difusividades Efetivas

O modelo difusional unidirecional baseado na equação de Fick (Crank, 1975) foi empregado para obtenção das difusividades efetivas (D_{eff}) de água e sólidos (Equação 5):

$$\frac{\partial X_t}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(D_{eff} \frac{\partial X_t}{\partial t} \right) \quad (5)$$

As amostras foram consideradas placas planas de espessura $2L$. As condições iniciais são teores uniformes de umidade e sólidos $X(z,0) = X_0$.

As condições de contorno são simetria de concentração $\left. \frac{\partial X_t}{\partial z} \right|_{z=0} = 0$, e equilíbrio de concentração na superfície do produto $X(L,t) = X_{eq}$ (Crank, 1975). De acordo com essas considerações, a Equação 5 pode ser representada pela Equação 6 para o cálculo da difusividade efetiva da água e sólidos.

$$W_{wous} = \left[\frac{8}{\pi^2} \sum_{i=0}^{\infty} \frac{1}{(2i+1)^2} \exp\left(- (2i+1)^2 \pi^2 D_{eff} \frac{t}{4L^2}\right) \right] \quad (6)$$

As razões adimensionais de PA (W_w) e GS (W_s), foram obtidos a partir das Equações 7 e 8.

$$W_w = \frac{PA_0 - PA_{eq}}{PA_t - PA_{eq}} \quad (7)$$

$$W_s = \frac{GS_0 - GS_{eq}}{GS_t - GS_{eq}} \quad (8)$$

2.4.3 Análises Estatísticas

Para o ajuste dos modelos aos dados de cinética e para o cálculo das difusividades, foram utilizadas técnicas de regressão não-linear, com auxílio do software Statistica 8.0® (Statsoft, Tulsa, OK). Para as equações empíricas, os dados experimentais foram comparados com os valores calculados pelos modelos, por meio do coeficiente de determinação (R^2), chi-quadrado (χ^2) e erro médio relativo (p), as Equações estão representadas abaixo (Eqs. 9 - 10). Maiores valores de R^2 , menores valores de χ^2 e valores de $p \leq 10$ indicam melhor qualidade dos modelos (Andrea *et al.*, 2015; Kaushal, Sharma, 2016).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.5 Cinética de Desidratação Osmótica

Os dados experimentais de perda de água (PA) e ganho de sólidos (GS) dos diferentes tratamentos são apresentados na Figura 1.

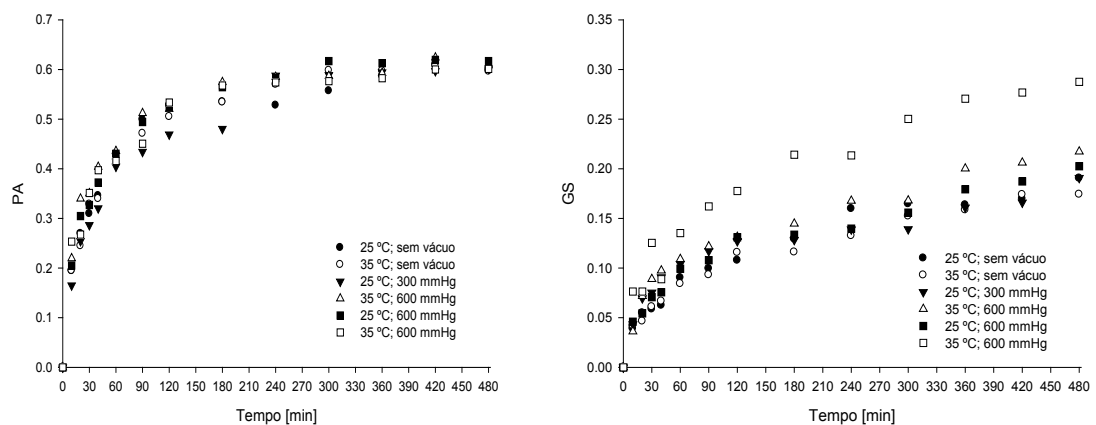


Figura 1: Cinética de perda de água (a) e ganho de sólidos (b) de fatias de cenoura osmoticamente desidratadas

De acordo com a Figura 1a, quando a pressão reduzida foi aplicada nos primeiros dez minutos, houve um aumento nos valores de PA. A 25 °C, os valores de PA foram 16,49% e 20,52% para os tratamentos a 300 e 600 mmHg, respectivamente, o que representa um aumento de 24,44% na PA com a redução na pressão total do sistema.

Para a T de 35° C os valores de PA foram 21,96% e 25,32% para os tratamentos a 300 e 600 mmHg, respectivamente, um aumento em aproximadamente 15,30%.

O emprego do vácuo nos primeiros minutos de desidratação osmótica promove

uma expansão e expulsão dos gases oclusos nos poros do alimento. Quando a pressão é restaurada, os espaços vazios podem ser ocupados pela solução osmótica, uma vez que ocorre aumento na área específica para transferência de massa (Ahmed *et al.*, 2016; Fito, 1994).

A taxa de perda de água com o tempo foi maior nos primeiros 120 minutos de processo osmótico (Figura 1a), quando o gradiente de pressão osmótica entre o produto e a solução é maior (Ferrari *et al.*, 2011). Com exceção do tratamento a 25 °C com 300 mmHg de PV, todos os demais tratamentos atingiram 50% de PA após decorrido esse tempo. Trabalhos da literatura também mostraram grandes variações de perda de água nos primeiros minutos de tratamento osmótico, com e sem uso de vácuo (Corrêa *et al.*, 2010).

Apesar das diferenças de PA nos primeiros minutos de desidratação osmótica, ao final de 480 minutos de processo, os tratamentos apresentaram PA similares, variando de 59,63% (Tratamento 25 °C sem vácuo) a 61,69% (Tratamento 25 °C e 600 mmHg).

A influência da aplicação do vácuo nos mecanismos de transferência de massa está relacionada, dentre diversos fatores, com a estrutura do material. Em alimentos que apresentam alta porosidade, esse efeito é evidenciado pela ação do mecanismo hidrodinâmico (Fito, 1994), como observado por Junqueira *et al.* (2017) durante a desidratação osmótica de berinjelas.

Segundo Boukouvalas *et al.* (2006), a cenoura é um alimento que apresenta estrutura pouco porosa, portanto a aplicação de vácuo não foi suficiente para garantir aumento na PA. Viana *et al.* (2014) obtiveram comportamento similar durante a desidratação osmótica de cladódios de palma. A influência da temperatura sobre a PA, em geral, não pode ser evidenciada nos tratamentos (Figura 1a).

Os dados experimentais de ganho de sólidos (GS) dos diferentes tratamentos são apresentados na Figura 1b. O efeito do vácuo foi bem evidenciado nos tratamentos a 35 °C, sendo que a 120 minutos de processo, os valores de GS foram 10,76%; 13,13% e 17,76% nos tratamentos com PV de 0; 300 e 600 mmHg, respectivamente.

A redução da pressão proporcionou um aumento no GS para todos os tratamentos (Figura 1b), resultado contrário ao observado para a PA (Figura 1a). Uma maior incorporação de solutos durante a aplicação de vácuo está relacionada à substituição dos gases presentes nos espaços intercelulares pela solução osmótica, com conseqüente incorporação de sólidos (Corrêa *et al.*, 2010; Ferrari *et al.*, 2005).

Ao final do processo, à mesma pressão, o aumento da temperatura também provocou um aumento no GS (Figura 1b), provavelmente relacionado ao aumento da permeabilidade da membrana celular e à redução da viscosidade da solução osmótica (Oliveira *et al.*, 2016; Tonon *et al.*, 2006). Após 480 minutos, maior GS foi observado no tratamento conduzido a 35 °C, com PV de 600 mmHg (28,75%) e menores valores de GS foram obtidos no tratamento a 25 °C sem aplicação de vácuo (17,42%).

O efeito significativo da temperatura sobre o GS de cenouras osmoticamente desidratadas foi observado por Singh *et al.* (2010). Altos níveis de impregnação de

soluto modificam as características sensoriais e nutricionais dos vegetais (MENDONÇA et al., 2016).

Segundo Ferrari *et al.* (2011), menor viscosidade de solução (maior temperatura), em combinação com aplicação de vácuo nos primeiros minutos de processo favorece a incorporação de sólidos no produto.

3.6 Equações Empíricas

Os dados experimentais de desidratação osmótica de fatias de cenoura foram ajustados a cinco equações empíricas, e os valores de constantes e parâmetros estatísticos estão apresentados na Tabela 3.

Equação/ condição	Coefficientes	R ²	χ ²	p (%)
Page				
25 °C; sem vácuo	k= 1,84 x 10 ⁻³ ; n= 6,82 x 10 ⁻¹	0,9823	0,0016	8,2520
35 °C; sem vácuo	k= 1,87 x 10 ⁻³ ; n= 6,78 x 10 ⁻¹	0,9926	0,0006	4,7961
25 °C; 300 mmHg	k= 3,63 x 10 ⁻³ ; n= 6,33 x 10 ⁻¹	0,9664	0,0032	25,6078
35 °C; 300 mmHg	k= 2,17 x 10 ⁻³ ; n= 6,64 x 10 ⁻¹	0,9831	0,0015	15,7583
25 °C; 600 mmHg	k= 1,97 x 10 ⁻³ ; n= 6,72 x 10 ⁻¹	0,9965	0,0003	2,5841
35 °C; 600 mmHg	k= 2,72 x 10 ⁻³ ; n= 6,54 x 10 ⁻¹	0,9802	0,0018	10,3516
Newton				
25 °C; sem vácuo	k= 1,04 x 10 ⁻⁴	0,9207	0,0067	23,0766
35 °C; sem vácuo	k= 1,00 x 10 ⁻⁴	0,9264	0,0061	21,7205
25 °C; 300 mmHg	k= 1,49 x 10 ⁻⁴	0,8842	0,0105	30,7344
35 °C; 300 mmHg	k= 1,10 x 10 ⁻⁴	0,9042	0,0081	23,8975
25 °C; 600 mmHg	k= 9,91 x 10 ⁻⁵	0,9276	0,0060	21,2682
35 °C; 600 mmHg	k= 1,28 x 10 ⁻⁴	0,9101	0,0079	27,0098
Henderson e Pabis				
25 °C; sem vácuo	a= 9,03 x 10 ⁻¹ ; k= 8,66 x 10 ⁻⁵	0,9473	0,0048	15,3481
35 °C; sem vácuo	a=9,99 x 10 ⁻¹ ; k= 1,00 x 10 ⁻⁴	0,9264	0,0066	21,7203
25 °C; 300 mmHg	a= 8,73 x 10 ⁻¹ ; k= 1,14 x 10 ⁻⁴	0,9170	0,0081	15,9042
35 °C; 300 mmHg	a= 8,93 x 10 ⁻¹ ; k= 8,22 x 10 ⁻⁵	0,9424	0,0084	19,6194
25 °C; 600 mmHg	a= 8,99 x 10 ⁻¹ ; k= 8,20 x 10 ⁻⁵	0,9585	0,0037	13,1874
35 °C; 600 mmHg	a= 8,92 x 10 ⁻¹ ; k= 1,02 x 10 ⁻⁴	0,9377	0,0713	20,7986
Logarítmico				
25 °C; sem vácuo	a= 7,94 x 10 ⁻¹ ; k= 1,66 x 10 ⁻⁴ ; c= 1,77 x 10 ⁻¹	0,9852	0,0014	6,6689

35 °C; sem vácuo	a= 7,90 x 10 ⁻¹ ; k= 1,59 x 10 ⁻⁴ ; c= 1,77 x 10 ⁻¹	0,9865	0,0013	7,4333
25 °C; 300 mmHg	a= 8,10 x 10 ⁻¹ ; k= 2,11 x 10 ⁻⁴ ; c= 1,41 x 10 ⁻¹	0,9494	0,0054	42,1654
35 °C; 300 mmHg	a= 7,90 x 10 ⁻¹ ; k= 1,51 x 10 ⁻⁴ ; c= 1,65 x 10 ⁻¹	0,9624	0,0037	22,8980
25 °C; 600 mmHg	a= 7,90 x 10 ⁻¹ ; k= 1,53 x 10 ⁻⁴ ; c= 1,72 x 10 ⁻¹	0,9842	0,0015	7,8486
35 °C; 600 mmHg	a= 8,06 x 10 ⁻¹ ; k= 1,88 x 10 ⁻⁴ ; c= 1,56 x 10 ⁻¹	0,9765	0,0024	7,6728
Midilli e Kuçuk				
25 °C; sem vácuo	a= 1,00; k= 7,95 x 10 ⁻⁴ ; n= 7,94 x 10 ⁻¹ ; b= 3,89 x 10 ⁻⁶	0,9879	0,0013	6,2313
35 °C; sem vácuo	a= 1,02; k= 1,85 x 10 ⁻³ ; n= 6,90 x 10 ⁻¹ ; b= 1,50 x 10 ⁻⁶	0,9944	0,0006	4,1670
25 °C; 300 mmHg	a=1,03; k= 5,15 x 10 ⁻³ ; n= 5,96 x 10 ⁻¹ ; b= -3.67 x 10 ⁻⁷	0,9675	0,0038	25,0228
35 °C; 300 mmHg	a= 1,05; k= 6,22 x 10 ⁻³ ; n= 5,43 x 10 ⁻¹ ; b= -3,00 x 10 ⁻⁶	0,9870	0,0014	13,1029
25 °C; 600 mmHg	a= 1,03; k= 3,05 x 10 ⁻³ ; n= 6,29 x 10 ⁻¹ ; b= -1,61 x 10 ⁻⁷	0,9981	0,0002	2,2317
35 °C; 600 mmHg	a= 1,02; k= 1,99 x 10 ⁻³ ; n= 7,03 x 10 ⁻¹ ; b= 2,47 x 10 ⁻⁶	0,9838	0,0018	6,7953

Tabela 3: Equações matemáticas ajustadas à cinética de desidratação osmótica de fatias de cenoura.

De acordo com a Tabela 3, os valores de R^2 variaram entre 0,8816 e 0,9984, enquanto os valores de χ^2 variaram entre 0,00017 e 0,07137. Para um melhor ajuste aos dados experimentais, as equações devem apresentar maiores valores de R^2 e menores de χ^2 (Deng, Zhao, 2008; Doymaz, 2016). Valores de p (%) inferiores a 10 são considerados adequados para representação do fenômeno de desidratação pelas equações empíricas (Filho *et al.*, 2015; Kaushal, Sharma, 2016).

Não foi possível obtenção de uma única equação que se ajustasse adequadamente a todos os diferentes tratamentos de forma simultânea (Tabela 3).

De modo geral, os tratamentos conduzidos a PV de 300 mmHg apresentaram menores valores de R^2 e maiores valores de χ^2 e p (%), e dentre os modelos testados, nenhum ajustou-se satisfatoriamente aos dados experimentais, para estes tratamentos.

A equação de Midilli e Kuçuk apresentou bom ajuste aos dados de desidratação para os tratamentos conduzidos sem aplicação de vácuo e com PV de 600 mmHg (Tabela 3). Em geral, esta equação apresentou maiores valores de R^2 e menores valores de χ^2 e p (%), sendo adequada para representação da desidratação osmótica de fatias de cenoura em diferentes tratamentos. O bom ajuste desta equação pode ser associado a seus caracteres exponenciais e de potência. Esta equação também apresenta bons ajustes aos dados de desidratação e secagem de diversos produtos agrícolas, sendo empregada para figos (Filho *et al.*, 2015), yacon (Shi *et al.*, 2013) e casca de limões (Tasirin *et al.*, 2014).

Dentre as equações testadas, a equação de Newton foi a que apresentou maiores valores de χ^2 e p (%). Esta também foi a equação que apresentou pior ajuste durante a desidratação de batata-doce (Junqueira *et al.*, 2016) e abacaxis (Furtado *et al.*, 2014).

3.7 Difusividades Efetivas

As difusividades efetivas de água e sólidos, calculadas de acordo com a segunda lei de Fick estão apresentadas na Tabela 4.

Tratamento	$Deff_w$ $\times 10^{10}$	R^2	χ^2	$Deff_s$ $\times 10^{10}$	R^2	χ^2
25 °C; sem vácuo	5,097	0,9637	0,0031	1,451	0,9764	0,00189
35 °C; sem vácuo	5,774	0,9567	0,0037	1,431	0,9759	0,00190
25 °C; 300 mmHg	3,913	0,9604	0,0035	3,251	0,9281	0,00664
35 °C; 300 mmHg	7,580	0,9582	0,0034	1,983	0,9619	0,00339
25 °C; 600 mmHg	5,633	0,9648	0,0030	1,635	0,9666	0,00285
35 °C; 600 mmHg	6,399	0,9540	0,0039	1,443	0,9649	0,00289

Tabela 4: Difusividades efetivas de água ($Deff_w$) e de sólidos ($Deff_s$) e parâmetros estatísticos para cinética de desidratação osmótica de fatias de cenoura

Os valores de D_{effw} variaram entre $3,913 \times 10^{-10}$ a $7,580 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$, com valores de R^2 e χ^2 entre 0,9567 a 0,9648 e 0,00300 a 0,00371, respectivamente (Tabela 4). Apesar do modelo de Fick não ter apresentado bons ajustes aos dados

experimentais, foi possível retratar de maneira genérica a influência do uso de vácuo e da temperatura. Foi observado um aumento nos valores da difusividade com a elevação da temperatura, avaliando-se apenas uma pressão. Uma maior temperatura pode aumentar a difusividade devido à redução na resistência da membrana celular para difusão de água e diminuição na resistência da parede celular para o fluxo de água (Branco *et al.*, 2004).

Rastogi e Raghavarao (1997) investigaram a desidratação osmótica de cenouras em diferentes condições, e observaram dependência entre a difusividade efetiva de água e a temperatura. Estes autores encontraram valores de D_{effw} variando entre $3,00 \times 10^{-10}$ e $7,00 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$. Resultado semelhante foi encontrado por Antonio *et al.* (2008) durante a desidratação osmótica de batata-doce em soluções osmóticas ternárias, com D_{effw} variando entre $3,82 \times 10^{-10}$ e $7,46 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$.

Segundo a Tabela 4, os valores de D_{effs} , variaram entre $1,443 \times 10^{-10}$ a $3,251 \times 10^{-10} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$, com valores de R^2 e χ^2 entre 0,9281 a 0,9769 e 0,00189 a 0,00664, respectivamente. Os valores de D_{effs} foram menores que os observados para a D_{effw} , uma vez que os solutos apresentam maior resistência ao transporte do que a água (Aliño *et al.*, 2009). Tal resultado corrobora o apresentado pelas Figuras 1 e 2, onde se demonstra maiores valores de PA, em comparação ao GS.

4 | CONCLUSÃO

O uso de maiores temperaturas (35 °C) em desidratação osmótica de fatias de cenoura a diferentes pressões de vácuo em solução osmótica ternária de sacarose e cloreto de sódio promoveram maior ganho de sólidos. A esta temperatura foi evidenciada a influência da pressão de vácuo no ganho de sólidos. Dentre as equações empíricas foram empregadas, a equação de Midilli e Kuçuk a que melhor se ajustou aos dados experimentais, apresentando maiores valores de R^2 e menores valores de χ^2 e p (%), para maioria dos tratamentos. A equação de Fick levou a obtenção de difusividade efetiva que retrataram a influência da temperatura e do uso de vácuo.

NOMENCLATURA

Símbolo	Descrição	Unidade
a, b, c, d, k e n	Constantes das equações empíricas	-
a_w	Atividade de água	-
D_{eff}	Difusividade efetiva	$m^2 s^{-1}$
I_{exp}	Valores obtidos experimentalmente	-
I_{pre}	Valores preditos pelos modelos	-
GS	Ganho de sólidos	$kg (100 kg)^{-1}$
K_1 e K_2	Constantes da equação de Peleg	-
L	Comprimento característico	m
M	massa do produto	kg
MR	Teor de umidade adimensional	-
N	Número de observações	-
n'	Número de	-
z	coordenada genérica	m
Subscritos		
0	Valores iniciais	
eq	Valores de	

constantes		
PA	Perda de água	$kg (100 kg)^{-1}$
PV	Pressão de vácuo	mmHg
T	Temperatura	$^{\circ}C$
t	Tempo	s
X_s	teor de sólidos solúveis do produto	kg sólidos $(100 kg)^{-1}$ amostra
X_t	teor de umidade ou sólidos no tempo "t"	kg água / sólido $(100 kg)^{-1}$ produto
X_w	Teor de umidade do produto	kg água $(100 kg)^{-1}$ produto
W	Teor adimensional de perda de água e ganho de sólidos	-
equilíbrio		
s	sólidos	
t	Valores no tempo "t"	
w	água	

REFERÊNCIAS

AHMED, I.; QAZI, I. M.; JAMAL, S. Developments in osmotic dehydration technique for the preservation of fruits and vegetables. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 34, p. 29–43, 2016.

ALIÑO, M. et al. Influence of sodium replacement on the salting kinetics of pork loin. **Journal of Food Engineering**, v. 95, n. 4, p. 551–557, 2009.

ANDREA, E. D. M. D. et al. Análise da cinética de secagem, contração volumétrica e difusão líquida

- da acerola “*in natura*”. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 17, n. 4, p. 399–408, 2015.
- ANTONIO, G. C. et al. Osmotic dehydration of sweet potato (*Ipomoea batatas*) in ternary solutions. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 696–701, 2008.
- AOAC. **Official methods of Analysis** (18th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists, 2007.
- BOUKOUVALAS, C. J. et al. **Density and Porosity: Literature Data Compilation for Foodstuffs**. [s.l.: s.n.]. v. 9, 2006.
- BRANCO, I. G. et al. 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, 2004.
- CHANGRUE, V.; ORSAT, V. Osmotically dehydrated microwave vacuum drying of carrots. **Canadian Biosystems Engineering**, v. 51, p. 11–19, 2009.
- CORRÊA, J. L. G. et al. Mass transfer kinetics of pulsed vacuum osmotic dehydration of guavas. **Journal of Food Engineering**, v. 96, n. 4, p. 498–504, 2010.
- CORRÊA, J. L. G. et al. Optimisation of vacuum pulse osmotic dehydration of blanched pumpkin. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 49, p. 2008–2014, 2014.
- CORRÊA, J. L. G. et al. Use of ultrasound in the distilled water pretreatment and convective drying of pineapple. In: DELGADO, J. M. P. Q.; LIMA, A. G. B. (Eds.). **Drying and Energy Technologies**. Switzerland: v. 63p. 71–88.
- CRANK, J. **The mathematics of diffusion**. 2. ed. 1975.
- DENG, Y.; ZHAO, Y. Effects of pulsed-vacuum and ultrasound on the osmodehydration kinetics and microstructure of apples (Fuji). **Journal of Food Engineering**, v. 85, n. 1, p. 84–93, 2008.
- DOYMAZ, İ. Hot-Air Drying and Rehydration Characteristics of Red Kidney Bean Seeds. **Chemical Engineering Communications**, v. 203, n. 5, p. 599–608, 2016.
- DUARTE, M. E. M. et al. Osmotic dehydration of jack fruit slices. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 43, n. 3, p. 478–483, 2012.
- FERRARI, C. C. et al. Cinética de transferência de massa de melão desidratado osmoticamente em soluções de sacarose e maltose. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 19, p. 564–570, 2005.
- FERRARI, C. C. et al. Modelling of mass transfer and texture evaluation during osmotic dehydration of melon under vacuum. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 46, n. 2, p. 436–443, 12 fev. 2011.
- FILHO, L. C. C. et al. Cinética de secagem, contração volumétrica e análise da difusão líquida do figo (*Ficus carica* L.). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 8, p. 797–802, 2015.
- FITO, P. Modelling of vacuum osmotic dehydration of food. **Journal of Food Engineering**, n. 22, p. 313–328, 1994.
- FURTADO, G. F. et al. Secagem de abacaxi (*Ananás comosus* (L.) merril), variedade pérola utilizando a técnica de camada de espuma. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 16, n. 4, p. 387–394, 2014.

- HEREDIA, A. et al. Volatile profile of dehydrated cherry tomato: Influences of osmotic pre-treatment and microwave power. **Food Chemistry**, v. 130, n. 4, p. 889–895, fev. 2012.
- HERMAN-LARA, E. et al. Mass transfer modeling of equilibrium and dynamic periods during osmotic dehydration of radish in NaCl solutions. **Food and Bioprocess Processing**, v. 91, n. 3, p. 216–224, 2013.
- JUNQUEIRA, J. R. DE J. et al. Influence of sodium replacement and vacuum pulse on the osmotic dehydration of eggplant slices. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 41, p. 10–18, fev. 2017.
- JUNQUEIRA, J. R. DE J.; CORRÊA, J. L. G.; MENDONÇA, K. S. DE. Evaluation of the shrinkage effect on the modeling kinetics of osmotic dehydration of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.)). **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 41, n. 3, p. 1–10, jun. 2017.
- JUNQUEIRA, J. R. J.; MENDONÇA, K. S.; CORRÊA, J. L. G. Microwave drying of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.)) slices: Influence of the osmotic pretreatment. **Defect and Diffusion Forum**, v. 367, p. 167–174, abr. 2016.
- KAUSHAL, P.; SHARMA, H. K. Osmo-convective dehydration kinetics of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*). **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 15, n. 2, p. 118–126, 2016.
- KOÇ, M. et al. Effects of different cooking methods on the chemical and physical properties of carrots and green peas. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 42, n. May, p. 109–119, 2017.
- MENDONÇA, K. S. DE et al. Optimization of osmotic dehydration of yacon slices. **Drying Technology**, v. 34, n. 4, p. 386–394, 11 mar. 2016.
- MERCALI, G. D. et al. Evaluation of water, sucrose and NaCl effective diffusivities during osmotic dehydration of banana (*Musa sapientum*, shum.). **LWT - Food Science and Technology**, v. 44, n. 1, p. 82–91, jan. 2011.
- OLIVEIRA, L. F. DE et al. Efeito de ondas ultrassônicas e de pulso de vácuo nos parâmetros de qualidade peras osmoticamente desidratadas. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 1, p. 38–48, 2016a.
- OLIVEIRA, L. F. DE et al. Osmotic dehydration of yacon (*Smallanthus sonchifolius*): Optimization for fructan retention. **LWT - Food Science and Technology**, v. 71, p. 77–87, 2016b.
- RASTOGI, N.; RAGHAVARAO, K. Water and solute diffusion coefficients of carrot as a function of temperature and concentration during osmotic dehydration. **Journal of Food Engineering**, v. 34, n. 97, p. 429–440, 1997.
- SHI, Q.; ZHENG, Y.; ZHAO, Y. Mathematical modeling on thin-layer heat pump drying of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) slices. **Energy Conversion and Management**, v. 71, p. 208–216, 2013.
- SINGH, B. et al. Optimisation of osmotic dehydration process of carrot cubes in mixtures of sucrose and sodium chloride solutions. **Food Chemistry**, v. 123, n. 3, p. 590–600, 2010.
- SINGH, B.; GUPTA, A. K. Mass transfer kinetics and determination of effective diffusivity during convective dehydration of pre-osmosed carrot cubes. **Journal of Food Engineering**, v. 79, n. 2, p. 459–470, 2007.
- TASIRIN, S. M. et al. Drying of Citrus sinensis Peels in an Inert Fluidized Bed : Kinetics , Microbiological Activity , Vitamin C , and Limonene Determination. **Drying Technology**, v. 32, n. 5, p.

497–508, 2014.

TONON, R. V.; BARONI, A. F.; HUBINGER, M. D. Estudo da desidratação osmótica de tomate em soluções ternárias pela metodologia de superfície de resposta. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 715–723, 2006.

VIANA, A. D.; CORRÊA, J. L. G.; JUSTUS, A. Optimisation of the pulsed vacuum osmotic dehydration of cladodes of fodder palm. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 49, p. 726–732, 2014.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-089-6



9 788572 470896