

As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente 4

Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)



Henrique Ajuz Holzmann
(Organizador)

As Engenharias frente a Sociedade, a
Economia e o Meio Ambiente 4

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
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
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.ª Dr.ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E57	<p>As engenharias frente a sociedade, a economia e o meio ambiente 4 [recurso eletrônico] / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (As Engenharias Frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente; v. 4)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-433-7 DOI 10.22533/at.ed.337192506</p> <p>1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Engenharia – Aspectos econômicos. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 658.5</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

As obras As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente Volume 1, 2, 3 e 4 abordam os mais diversos assuntos sobre métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação do homem com o meio ambiente e seus recursos.

O Volume 1 está disposto em 31 capítulos, com assuntos voltados a engenharia do meio ambiente, apresentando processos de recuperação e reaproveitamento de resíduos e uma melhor aplicação dos recursos disponíveis no ambiente, além do panorama sobre novos métodos de obtenção limpa da energia.

Já o Volume 2, está organizado em 32 capítulos e apresenta uma vertente ligada ao estudo dos solos e águas, com estudos de sua melhor utilização, visando uma menor degradação do ambiente; com aplicações voltadas a construção civil de baixo impacto.

O Volume 3 apresenta estudos de materiais para aplicação eficiente e econômica em projetos, bem como o desenvolvimento de projetos mecânico e eletroeletrônicos voltados a otimização industrial e a redução de impacto ambiental, sendo organizados na forma de 28 capítulos.

No último Volume, são apresentados capítulos com temas referentes a engenharia de alimentos, e a melhoria em processos e produtos.

Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões em relação ao ensino nas engenharias, de maneira atual e com a aplicação das tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
VARIAÇÃO ESTACIONAL DA OFERTA E DO PREÇO DE TOMATE LONGA VIDA EM MINAS GERAIS	
Luis Felipe Lima e Silva Douglas Correa de Souza Wilson Roberto Maluf	
DOI 10.22533/at.ed.3371925061	
CAPÍTULO 2	13
ANÁLISE DA CINÉTICA DE SECAGEM DO NABO JAPONES (<i>Raphanus Sativus Var. Acanthioformis</i>) E DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DIFUSIVO DE TRANSFERÊNCIA DE MASSA	
Thayná de Lima Costa Keyvlin dos Santos Pais Marcela Felix dos Santos Monique Mendes dos Santos Raquel Manozzo Galante Leandro Osmar Werle	
DOI 10.22533/at.ed.3371925062	
CAPÍTULO 3	22
CINÉTICA DE SECAGEM DE YACON (<i>Smallanthus sonchifolius</i>) E AVALIAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS	
Luan Gustavo dos Santos Thais de Freitas Brauna Joice Cristina Catache Menezes Rosângela Cacho Ferreira Raquel Manozzo Galante Leandro Osmar Werle	
DOI 10.22533/at.ed.3371925063	
CAPÍTULO 4	31
CINÉTICA DE SECAGEM DA FRUTA DE NONI (<i>Morinda citrifolia linn</i>): INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA DIFUSIVIDADE EFETIVA	
Thayná de Lima Costa Fernanda de Oliveira Coaresma Bruna Martinhago Raquel Manozzo Galante Leandro Osmar Werle	
DOI 10.22533/at.ed.3371925064	
CAPÍTULO 5	40
AVALIAÇÃO DE MODELOS DE SECAGEM E DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DIFUSIVO DE CARÁ (<i>Dioscorea alata</i>)	
Luan Gustavo dos Santos Cristian Rocha da Silva Marcela Felix dos Santos Raquel Manozzo Galante Leandro Osmar Werle	
DOI 10.22533/at.ed.3371925065	

CAPÍTULO 6 49

TRATAMENTO DE CASTANHA DE CAJU POR RADIAÇÃO UV-C DE LED PARA REDUÇÃO DE BOLORES

Leticia Cabrera Parra Bortoluzzi
Iasmim Pereira de Moraes
Ana Rita Zulim Leite
Brenda Dall Molin
Sidnei Macedo Pereira Filho
Márcia Regina Ferreira Geraldo Perdoncini
Fabio Henrique Poliseli Scopel
Roberto Ribeiro Neli
Roberta de Souza Leone
Heron Oliveira dos Santos Lima

DOI 10.22533/at.ed.3371925066

CAPÍTULO 7 58

AVALIAÇÃO DA AÇÃO ANTIFÚNGICA DOS EXTRATOS BRUTOS DE MUTAMBA E CATUABA CONTRA O FUNGO *Botrytis cinerea*

Amanda Correia Gardenal
Ana Rita Zulim Leite
Iasmim Pereira de Moraes
João Carlos Palazzo de Mello
Daniela Cristina de Medeiros
Danielly Chierrito de Oliveira Tolentino
Mariane Roberta Ritter
Naiara Cássia Gancedo
Sharize Betoni Galende
André Oliveira Fernandes da Silva
Leila Larisa Medeiros Marques
Márcia Regina Ferreira Geraldo Perdoncini

DOI 10.22533/at.ed.3371925067

CAPÍTULO 8 67

COMPARAÇÃO DE LEVEDURAS CERVEJEIRAS SECA E ÚMIDA

Camila A. Carazzato
Mário L. Lopes
Sandra H. da Cruz

DOI 10.22533/at.ed.3371925068

CAPÍTULO 9 76

INFLUÊNCIA DO USO DE TRAÇADOR COLORIDO NO CULTIVO EM ESTADO SÓLIDO

Marianny Silva Canedo
Lucas Portilho da Cunha
João Paulo Henrique
João Cláudio Thoméo

DOI 10.22533/at.ed.3371925069

CAPÍTULO 10 85

AVALIAÇÃO SENSORIAL DE DIFERENTES FORMULAÇÕES DE CUPCAKES COM FARINHA DE TARO (*Colocasia esculenta*) COMO ALTERNATIVA NO DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS PARA PORTADORES DE DOENÇA CELÍACA

Pedro Garcia Pereira da Silva
Aline Rodrigues Pontes
Gisele Fernanda Alves da Silva
Marcello Lima Bertuci
Tuany Yuri Kuboyama Nogueira

DOI 10.22533/at.ed.33719250610

CAPÍTULO 11 91

OTIMIZAÇÃO DE FORMULAÇÃO DE BISCOITO TIPO COOKIE ISENTO DE GLÚTEN UTILIZANDO FARINHA DE ARROZ, TEFF E SORGO

Geovana Teixeira de Castro
Luiza Pelinson Tridapalli
Angélica Maria Delovo Fernandes
Flávia Aparecida Reitz Cardoso
Leila Larisa Medeiros Marques
Renata Hernandez Barros Fuchs
Adriana Aparecida Droval
Hellen Fernanda da Silva Paulino
Lucas de Souza Nespeca
Beatriz Musi Sarris Gomes Lourenço
Leonardo Vasconcelos Jacovassi
Pamela da Silva Souza

DOI 10.22533/at.ed.33719250611

CAPÍTULO 12 100

AVALIAÇÃO SENSORIAL DE TRÊS MARCAS DE BACON COMERCIAL

Bruna Grassetti Fonseca
Bianca Guimarães
Maria Julia Neves Martins
Ana Carolina Conti e Silva

DOI 10.22533/at.ed.33719250612

CAPÍTULO 13 108

DESENVOLVIMENTO DE LOMBO DEFUMADO PRODUZIDO COM CARNE DE JAVALI

Lucas de Souza Nespeca
Camila da Silva Venancio
Ana Claudia Montuan de Sousa
Adriana Aparecida Droval
Leila Larisa Medeiros Marques
Renata Hernandez Barros Fuchs
Flávia Aparecida Reitz Cardoso
Natália da Silva Leitão Peres
Angélica Maria Delovo Fernandes
Lucas Shinti Iwamura
Larissa Correa

DOI 10.22533/at.ed.33719250613

CAPÍTULO 14 118

OTIMIZAÇÃO DE MORTADELA COM APLICAÇÃO DE MACA PERUANA

Natália da Silva Leitão Peres
Letícia Cabrera Parra Bortoluzzi
Adriana Aparecida Droval
Leila Larisa Medeiros Marques
Flávia Aparecida Reitz Cardoso
Renata Hernandez BarrosFuchs
Camila da Silva Venancio
Lucas de Souza Nespeca
Luiza Pelinson Tridapalli
Lucas Shinti Iwamura
Larissa Correa
Angélica Maria Delovo Fernandes

DOI 10.22533/at.ed.33719250614

CAPÍTULO 15 127

CARACTERIZAÇÃO DA GELATINA OBTIDA DA PELE DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis niloticus*)

Bárbara de Sena Nunes Menezes
Beatriz Helena Paschoalinotto
Camila da Silva Venancio
Flávia Aparecida Reitz Cardoso
Adriana Aparecida Droval
Renata Hernandez Barros Fuchs
Pâmela da Silva Souza
Natália da Silva Leitão Peres
Maria Gabriella Felipe Silva
Leila Larisa Medeiros Marques
Larissa Correa
Lucas Shinti Iwamura

DOI 10.22533/at.ed.33719250615

CAPÍTULO 16 137

PREPARAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MICROCAPSULAS POLI (UREIA-FORMALDEÍDO) PREENCHIDAS COM ÓLEO DE SILICONE COMO INIBIDOR DE CORROSAO PARA APLICAÇÃO EM TINTAS

Renata França Palhano
Rogério Gomes de Araújo

DOI 10.22533/at.ed.33719250616

CAPÍTULO 17 152

REMOÇÃO DE Cu(II) POR ADSORÇÃO EMPREGANDO CASCA DE COCO MODIFICADA COM FORMALDEÍDO POLIMERIZADO

José Eduardo da Silva
Francisco Idelbrando Lima Rodrigues
Sara Nóbrega Pacífico
Aline Sales Ferreira
Leonardo Félix Santiago
Luisa Celia Melo Pacheco
Francisco André Andrade Aguiar
Vicente Oliveira de Sousa Neto

DOI 10.22533/at.ed.33719250617

CAPÍTULO 18 163

ENTALPIA E ENTROPIA DE SORÇÃO DE ÁGUA DA FARINHA DE CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule Aellen*)

Julles Mitoura dos Santos Junior
Mona Mellissa Oliveira Cruz
Augusto Pumacahua Ramos
Diana Maria Cano Higueta
Romildo Martins Sampaio
Harvey Alexander Villa Vélez

DOI 10.22533/at.ed.33719250618

CAPÍTULO 19 178

NANOTECNOLOGIA E MEDICINA: NOVAS PERSPECTIVAS PARA O FUTURO

Gustavo Marquezi Borges
Douglas Daniel Dalle Corte
Iago Bissani Pesavento
Odirlei Antônio Magnagnagno

DOI 10.22533/at.ed.33719250619

CAPÍTULO 20 186

RISCO E DOLO EVENTUAL NA INTERFACE ENTRE ENGENHARIA E DIREITO

Antonio Maria Claret-Gouveia
Alberto Frederico Vieira de Sousa-Gouveia
Miguel Paganin Neto

DOI 10.22533/at.ed.33719250620

CAPÍTULO 21 199

AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA EM POSTOS DE TRABALHO DE MARCENARIAS NA CIDADE DE MOSSORÓ – RN

Bruno Ítalo Franco de Oliveira
Fabrícia Nascimento de Oliveira
Carolina Mendes Lemos
João Márcio Rebouças Araújo
Thaynon Brendon Pinto Noronha
Wandick Nascimento Dantas
Pedro Renato Moraes Salgado
Anderson Nunes Silva
Ana Victoria Carlos Almeida
Luara Karoliny Machado de Oliveira
Jerfson Moura Lima

DOI 10.22533/at.ed.33719250621

CAPÍTULO 22 216

COMO A DISSEMINAÇÃO EFICIENTE DAS POLÍTICAS DE TI PODE INFLUENCIAR NA MELHORIA DOS SERVIÇOS PRESTADOS À CIDADE

Luiz Fernando Rocha Pombo
Ana Paula Guzela Bertolin

DOI 10.22533/at.ed.33719250622

CAPÍTULO 23 228

ESTUDO COMPARATIVO DE DESEMPENHO DE EXECUÇÃO DE ALGORITMOS NO CUDA E NO OPENCL

Antonio Raian de Lima Mendes

Angelo Amâncio Duarte

DOI 10.22533/at.ed.33719250623

SOBRE O ORGANIZADOR..... 234

CINÉTICA DE SECAGEM DE YACON (*Smallanthus sonchifolius*) E AVALIAÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS

Luan Gustavo dos Santos

Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Faculdade de Engenharia (FAEN)

Dourados - Mato Grosso do Sul, Brasil

Thais de Freitas Brauna

Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Faculdade de Engenharia (FAEN)

Dourados - Mato Grosso do Sul, Brasil

Joice Cristina Catache Menezes

Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Faculdade de Engenharia (FAEN)

Dourados - Mato Grosso do Sul, Brasil

Rosângela Cacho Ferreira

Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Faculdade de Engenharia (FAEN)

Dourados - Mato Grosso do Sul, Brasil

Raquel Manozzo Galante

Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Faculdade de Engenharia (FAEN)

Dourados - Mato Grosso do Sul, Brasil

Leandro Osmar Werle

Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Faculdade de Engenharia (FAEN)

Dourados - Mato Grosso do Sul, Brasil

RESUMO: O Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) é considerado um tubérculo, com diversas propriedades funcionais e nutritivas, destacando-se o por possuir baixo teor calórico, agentes antimicrobianos e atuar como redutor nos níveis

de glicose e colesterol do sangue. Devido suas características físicas, as propriedades da planta são facilmente degradadas durante as etapas de processamento, sendo imprescindível o uso da secagem. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a cinética de secagem de yacon, ajustar e avaliar a melhor descrição dos dados experimentais através de modelos matemáticos (2ª Lei de Fick, Page e Midilli), bem como, definir o coeficiente de difusividade do material. O processo de secagem foi realizado utilizando fatias padronizadas de yacon, as quais foram colocadas em estufa de circulação a uma temperatura de 70 °C e velocidade de ar constante de 2 m.s⁻¹, realizando pesagens até se obter peso constante das amostras. Analisando os erros estatísticos dentre os modelos em estudo, o de Midilli apresentou melhor resposta em relação a cinética de secagem das fatias do yacon. O coeficiente de difusão efetivo obtida no experimento foi de 7,6388x10⁻⁴ cm².min⁻¹, sendo este valor condizente com a faixa de valores encontrada na literatura para este tipo de material.

PALAVRAS-CHAVE: Tubérculo, difusividade, desidratação, cinética.

ABSTRACT: Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) is considered a tubercle, with several functional and nutritional properties, especially for having low caloric, antimicrobial agents and acting

as a reducer the glucose in the blood and cholesterol levels. Due to their physical characteristics, the properties of the plant are easily degraded during the processing stages, being essential the use of drying. The objective of this article was to evaluate the yacon drying kinetics, to adjust and to evaluate the best discretion of the experimental data through mathematical models (2nd Law of Fick, Page and Midilli), as well as to define the diffusivity coefficient of the material. The drying process was carried out using standard yacon slices, which were placed in a circulation oven at a temperature of 70 ° C and constant air velocity of 2 m.s⁻¹, weighing until constant weight of the samples was obtained. Analyzing the statistical errors among the models studied, the Midilli presented better response in relation to the drying kinetics of the yacon slices. The effective diffusion coefficient obtained in the experiment was 7.6388x10⁻⁴ cm².min⁻¹, being this value consistent with the range of values found in the literature for this type of material.

KEYWORDS: Tubercle, diffusivity, dehydration, kinetics.

1 | INTRODUÇÃO

Para a preservação de alimentos e seus constituintes tais como proteínas, minerais, vitaminas e compostos bioativos, a secagem se destaca por ser uma técnica de baixo custo operacional e que está em constante evolução e aprimoramento. Esta técnica consiste em uma operação unitária, responsável pela remoção de água ou de qualquer outro líquido presente em amostras sólidas, afim de reduzir a umidade para níveis de 10 a 15% em alimentos. Durante o processo de secagem, a água do interior dos alimentos é transportada para a superfície, na qual, através de processos de condução e convecção, é evaporada para o ambiente, tendo como auxílio, a velocidade do ar de circulação de um equipamento de secagem (Blackadder; Nedderman, 2008).

A baixa quantidade de água disponível em alimentos secos garante segurança ao ataque de microrganismos, impede que reações químicas ocorram, concentra seus constituintes nutricionais, modifica o sabor e também a cor. No entanto, é necessário avaliar a melhor temperatura de secagem já que o calor emitido pode, além de atuar na evaporação de líquidos, influenciar e degradar proteínas, vitaminas e antioxidantes. Estes constituintes estão ligados a características sensoriais dos alimentos que, ao ser modificados, podem gerar um produto desidratado com características extremamente escuras, sabor amargo e textura endurecida (*Food Ingredients Brasil*, 2013; Dionello et al., 2009).

Para melhorar o processo de secagem, Karathanos e Belessiotis (1999) expõe que é importante dispor de modelos que simulem as curvas de secagem em diversas condições de controle. A Teoria Difusional é um método utilizado para estudar a cinética de secagem de materiais, tendo como base a equação da difusão líquida (2^a Lei de Fick) e da solução simplificada para placa plana infinita proposta por Crank (1975).

Em busca de alimentos que oferecem compostos bioativos, o yacon (*Smallanthus*

sonchifolius) se tornou popular por se demonstrar ser fonte abundante de inulina (oligossacarídeo), possuir características prebióticas, oferecer melhor absorção de minerais, baixo valor calórico, reduzir os níveis de glicose e colesterol no sangue e prevenção da constipação. Seu consumo é feito através de preparação de chá, cozidos ou como farinha aplicada em bolos, pães e doces, enriquecendo-os (Bonet, et al., 2010; Gusso; Mattanna; Richards, 2015).

Em estudo, Moscatto, Prudêncio-Ferreira e Haully (2004) produziu bolos com a farinha de yacon e conseguiu adquirir um produto com alta aceitabilidade e que pudesse oferecer maior quantidade de fibras, menor valor calórico e constatar a presença de inulina e fruto-oligossacarídeo. Já Oliveira et al. (2013), o utilizar extratos de yacon na alimentação diária de ratos, obteve como respostas o aumento do colesterol bom e reduzir o colesterol total, triglicerídeos e diversas lipoproteínas, que são responsáveis por problemas cardiovasculares.

Portanto, o presente trabalho tem por objetivo avaliar a cinética de secagem de yacon determinando o coeficiente de difusividade efetiva do material, ajustar os dados experimentais em modelos matemáticos, definindo o mais adequado na representação do processo de desidratação do yacon.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

Para a realização do experimento, o yacon adquirido no comércio local de Dourados-MS, foi higienizado e retirou-se as partes indesejadas do tubérculo. Em sequência, cortou-o em fatias circulares de 0,4 cm de espessura e diâmetro médio de 5,75 cm, pesadas em balança eletrônica analítica, dispendo sobre vidro-relógio e colocadas em secador convectivo de bandejas, temperatura do ar a 70 ± 2 °C e velocidade do ar constante de aproximadamente 2 m.s^{-1} .

2.2 Determinação da cinética de secagem

Para se obter os dados experimentais do yacon desidratado, as fatias foram pesadas nas duas primeiras horas em um intervalo de 15 minutos, terceira e quarta a cada 30 minutos e, assim, em intervalos de 1 hora até se obter um peso constante da amostra, determinando a umidade de equilíbrio (X_e) pela última pesagem constante. A amostra permaneceu no secador até completar 24 horas, na qual, foi novamente pesada e obtido o peso final da amostra seca (W_{ss}). A umidade inicial e ao longo do tempo (X_t) para as amostras analisadas de yacon foram determinadas com o emprego o peso da água evaporada e do peso final da amostra seca (W_{ss}).

Com os dados obtidos foram construídas a curva típicas de secagem e a taxa de secagem (R_a), sendo a curva de secagem obtida plotando-se a umidade em função do tempo, durante o período de secagem. A curva da taxa de secagem ($\text{gH}_2\text{O}/\text{min.cm}^2$)

foram obtidas a partir do método numérico com a derivação dos dados de umidade em relação ao tempo, além do peso final da amostra seca e área superficial (A) da amostra, a qual foi determinada pela aproximação à área transversal de um cilindro, utilizando o diâmetro médio da amostra inicial. Assim, obteve a taxa de secagem das amostras expostas ao ar de secagem conforme a Equação 1.

$$Ra = \frac{W_{ss} \cdot \Delta X}{A \cdot \Delta t} \quad (1)$$

O adimensional de umidade livre (Y) foi obtido através da Equação 2,

$$Y = \frac{X_t - X_e}{X_0 - X_e} \quad (2)$$

em que X_t = teor de umidade do produto ao longo do tempo, (g_{H_2O}/g sólido seco); X_0 = teor de umidade inicial do produto (g_{H_2O}/g sólido seco); X_e = teor de umidade de equilíbrio do produto (g_{H_2O}/g sólido seco).

2.3 Modelagem matemática

Os dados experimentais foram ajustados de acordo com os modelos mais utilizados para secagem de alimentos, sendo os descritos pela 2ª Lei de Fick (Equação 3), Page (Equação 4) e Midilli (Equação 5), que relacionam o adimensional de umidade (Y) pelo tempo de secagem (t).

$$Y = \frac{X_t - X_e}{X_0 - X_e} = \frac{8}{\pi^2} e^{-Def \left(\frac{\pi}{2L}\right)^2 t} \quad (3)$$

$$Y = e^{-kt^n} \quad (4)$$

$$Y = ae^{-kt^n} + bt \quad (5)$$

em que t é o tempo de secagem (min); k o coeficiente de secagem (min^{-1}); a, b constantes dos modelos (adimensional); L refere-se a espessura (cm); D_{ef} ao coeficiente de difusão efetivo ($\text{cm}^2 \cdot \text{min}^{-1}$).

A difusividade efetiva (D_{ef}) da água no interior do produto foi determinada a partir da 2ª Lei de Fick (Equação 3), desconsiderando-se a contração volumétrica da amostra e com aproximação para placa plana (CRANK, 1975), sendo a equação truncada no primeiro termo (MENEZES et al., 2013a), com valores constantes para a espessura, bem como para as temperaturas e para a umidade inicial e de equilíbrio.

Como critério de seleção, para o modelo que melhor descreve o processo de

secagem do yacon utilizou-se, além do coeficiente de determinação (R^2), o erro quadrático médio (MSE) (Equação 6) e o erro percentual médio absoluto (MAPE) (Equação 7).

$$\text{MSE} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t - F_t)^2 \quad (6)$$

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - F_t}{Y_t} \right| \quad (7)$$

em que Y_t = valores preditos pelo modelo matemático; F_t = valores obtidos experimentalmente; n = número de observações ao longo do experimento.

O MSE é uma medida estatística padrão, o qual pode ser utilizado para definir o modelo de previsão mais preciso, quanto mais próximo de zero, mais preciso será o modelo ajustado. O MAPE representa uma medida de erro relativa e é considerado como uma das medidas mais utilizadas para se avaliar os modelos de previsão, segundo Reis et al. (2011). O modelo pode ser considerado preditivo quando são encontrados valores inferiores a 10% para este parâmetro.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 demonstra os dados experimentais obtidos na secagem das fatias de yacon.

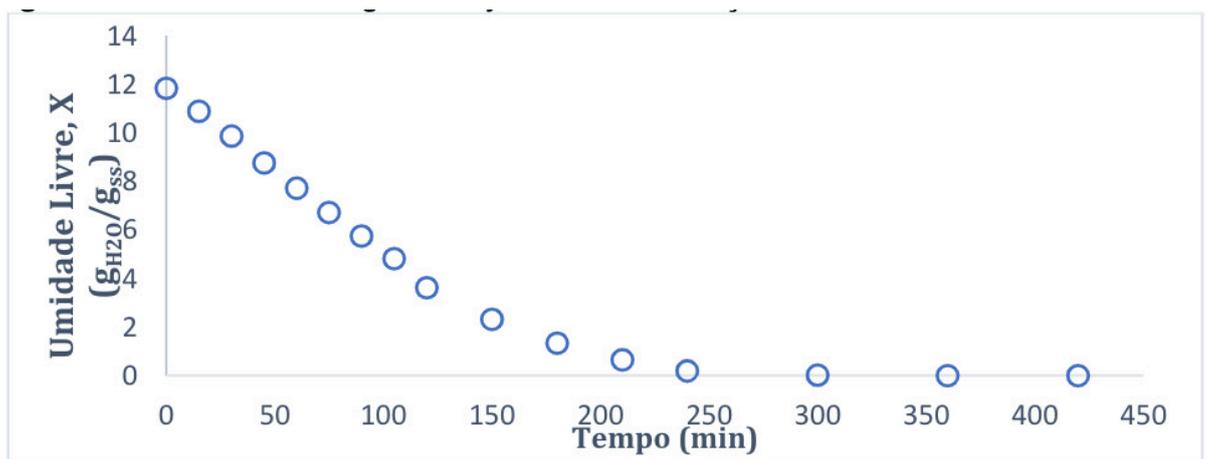


Figura 1. Curva de secagem do yacon em condições constantes a 70°C.

Constata-se, na Figura 1, que a umidade livre da amostra de yacon diminuiu ao longo do tempo, sendo que se tornou constante a partir de aproximadamente 250 minutos. Esse fato deve-se ao corte e a exposição das amostras ao calor e circulação de ar da estufa, na qual foi realizado o processo de secagem. O yacon mostrou uma umidade inicial de 11,84 ($\text{g}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{g}_{\text{ss}}$) e umidade de equilíbrio (X_e) de $1,98 \times 10^2$ ($\text{g}_{\text{H}_2\text{O}}/$

g_{ss}), sendo necessárias cerca de 6 horas para as fatias de yacon adquirissem peso constante.

A curva de taxa de secagem apresentada na Figura 2, apresenta o perfil de velocidade de secagem pelo conteúdo de umidade.

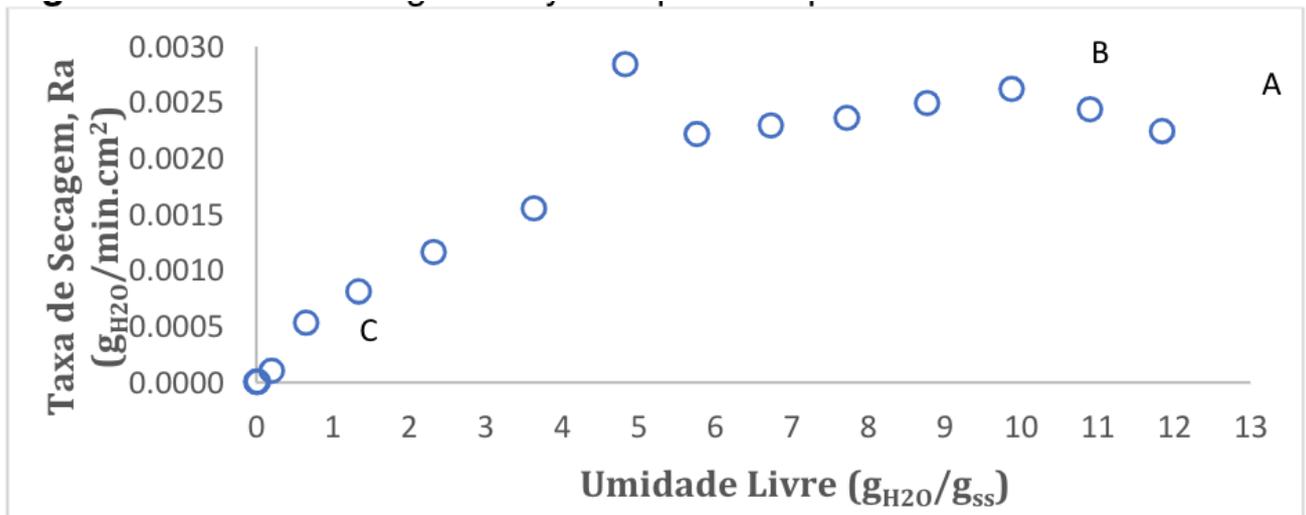


Figura 2. Taxa de secagem do yacon para temperatura de 70°C.

Verifica-se a partir da análise dos dados que no início do processo, a remoção de umidade foi significativamente mais elevada quando comparada ao período final do processo. Conforme Vilela e Artur (2008), inicialmente, há a formação de uma película de água sobre a parte externa dos alimentos fatiados e assim, facilita a retirada da água. A curva da Figura 2, apresenta o período de acomodação inicial do material no segmento (A-B) da curva, em seguida, se observa um período de taxa decrescente (B-C).

Nesta situação, verifica-se que a cinética de secagem do yacon não demonstra período de taxa constante, devido a difusão se tornar o mecanismo físico dominante que rege o movimento da umidade na amostra, e, por isso, não ocorre período de taxa constante na secagem de alimentos, como observado por Menezes et al. (2013b).

Utilizando os dados referentes ao período de taxa decrescente, ajustou-se os modelos da 2ª Lei de Fick, Page e Midilli, aos dados experimentais da secagem do yacon, e obteve-as curvas de adimensional de umidade livre em função do tempo, como é ilustrado na Figura 3.

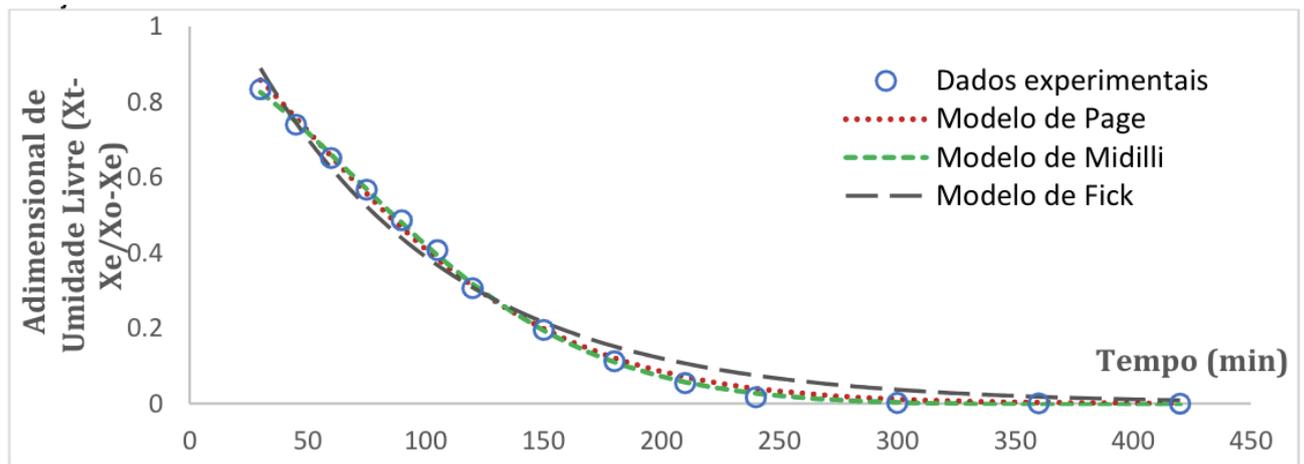


Figura 3. Curva experimental de cinética de secagem do yacon na temperatura de 70°C com ajuste de diferentes modelos matemáticos.

A Tabela 1, apresenta os valores dos coeficientes e constantes dos modelos ajustados aos dados experimentais da secagem do yacon. Também é exposto os critérios de avaliação dos modelos aplicados, sendo eles a média percentual absoluta do erro (MAPE), o erro quadrático médio (MSE) e os coeficientes de determinação (R^2).

As curvas cinéticas apresentadas na Figura 3 foram avaliadas, sendo que os R^2 para todos modelos avaliados, foram superiores a 0,98, fato que indica que os modelos se ajustaram satisfatoriamente aos dados experimentais, com destaque para o modelo de Midilli, por atingir o maior valor em relação aos demais modelos. Porém, o coeficiente de determinação não constitui sozinho um bom critério para a seleção de modelos não lineares, sendo assim, utilizados o MAPE e MSE.

		Coeficientes	MAPE (%)	MSE (decimal)	R^2 (decimal)	-Def (cm ² .min ⁻¹)
Fick	a	1,2665	176,9185	1,3459x10 ⁻³	0,9822	7,6388x10 ⁻⁴
	k	-1,1700x10 ⁻²				
Page	k	1,1000x10 ⁻³	52,2874	2,1534x10 ⁻⁴	0,9972	
	n	1,4639				
Midilli	a	0,9118	11,7714	4,8694x10 ⁻⁵	0,9992	
	k	2,9878x10 ⁻⁴				
	n	1,7055				
	b	-9,1366 ⁻⁶				

Tabela 1. Parâmetros e critérios de avaliação obtidos a partir do ajuste dos modelos aos dados experimentais de secagem do yacon na temperatura de 70 °C.

k: coeficiente de secagem (min⁻¹); a, b, n: coeficientes utilizados nos modelos; MAPE: erro percentual médio absoluto (%); MSE: erro quadrático médio; R^2 : coeficiente de determinação.

Portanto, pela análise dos erros estatísticos contidos da Tabela 1, em relação aos valores obtidos para o MSE, verifica-se que os três modelos avaliados apresentaram valores adequados e reduzidos de erros, sendo o modelo de Midilli o mais preciso

seguido do modelo de Page. Já em relação a capacidade de predição do modelo, ou seja, quando avalia-se apenas o valor do MAPE, conclui-se que nenhum dos modelos pode ser considerado preditivo, pois não obtiveram valores inferiores a 10%, porém, o modelo de Midilli é o que mais se aproxima da predição do processo.

Desta forma, é possível afirmar que dentre os modelos matemáticos analisados, o que melhor descreve a cinética de secagem do yacon é o modelo de Midilli. Lopes et al. (2015) que realizou ajustes de modelos matemáticos para a secagem de yacon, constatou, também, que o modelo de Midilli foi o que melhor representou a cinética de secagem.

A partir do coeficiente de secagem (k) no valor de $-1,1700 \times 10^{-2} \text{ min}^{-1}$, obtido pela equação do modelo da 2ª Lei de Fick, calculou-se o coeficiente de difusão efetiva (D_{ef}) para o yacon, obtendo-se um valor de $7,6388 \times 10^{-4} \text{ cm}^2 \cdot \text{min}^{-1}$. Autores como Arévalo-Pinedo e Murr (2005) determinaram o coeficiente difusivo de cenoura e abobora *in natura* como sendo de $7,473 \times 10^{-6}$ e $1,2198 \times 10^{-5} \text{ cm}^2 \cdot \text{min}^{-1}$, respectivamente. Assim como na secagem de batatas realizada por Dantas *et al.* (2009), o coeficiente de difusividade efetivo encontrado foi de $2,6649 \times 10^{-5} \text{ cm}^2 \cdot \text{min}^{-1}$. Quando comparado como estes três exemplos, verifica-se que o coeficiente difusivo do yacon encontrado neste trabalho é superior, fato que determina a saída da água do alimento mais rapidamente.

Desta forma, o valor do coeficiente de difusão efetiva obtida no experimento apresenta-se condizente com a faixa de valores encontrada na literatura para este tipo de material. Ressalta-se que D_{ef} pode estar relacionado com a temperatura de secagem, velocidade do ar de circulação, estrutura morfológica do alimento e, também, a espessura das amostras.

4 | CONCLUSÕES

O comportamento das curvas do adimensional de umidade e da taxa de secagem obtidos foi compatível com a maioria das matérias-primas alimentícias verificadas na literatura, com redução do teor de umidade ao longo do tempo de secagem. Através do experimento foi possível determinar que o modelo matemático que melhor descreve o processo de secagem do yacon é o de Midilli, seguido do modelo de Page. Para a determinação da difusividade efetiva foi utilizada a 2ª Lei de Fick para superfícies planas, onde analiticamente é desconsiderada a redução de volume através da contração da matéria, mesmo com essa simplificação, o resultado obtido de D_{ef} no valor de $7,6388 \times 10^{-4} \text{ cm}^2 \cdot \text{min}^{-1}$ pode ser considerado adequado e condizente com a faixa de valores encontrados na literatura para este tipo de produto alimentício.

REFERÊNCIAS

- ARÉVALO-PINEDO, A.; MURR, F. E. X. **Influência da pressão, temperatura e pré-tratamentos na secagem a vácuo de cenoura e abóbora.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 25, n. 4, p. 636–643, 2005.
- BONET, M. E. B.; MESON, O.; DE LEBLANC, A. M.; DOGI, C. A.; CHAVES, S.; KORTSARZ, A.; GRAU, A.; PERDIGÓN, G. **Prebiotic effect of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) on intestinal mucosa using a mouse model.** Food and Agricultural Immunology, v. 21, n. 2, 2010.
- BLACKADDER, D. A.; NEDDERMAN, R. M. **Manual de operações unitárias.** São Paulo: ed. Hemus, 2008.
- CRANK, J. **The mathematics of diffusion.** Ed. 2. Oxford: Clarendon Press, 1975.
- DANTAS, T.; JÚNIOR, F. E. S.; SOUZA, D.; MEDEIROS, M. **Estudo da transferência de calor e massa e da cinética de secagem em placas planas de batata inglesa.** VIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica, 2009.
- DIONELLO, R. G.; BERBERT, P. A.; MOLINA, M. A. B. D.; PEREIRA, R. D. C.; VIANA, A. P.; CARLESSO, V. D. O. **Desidratação osmótica de frutos de duas cultivares de abacaxi em xarope de açúcar invertido.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 13, n. 5, p. 596-605, 2009.
- FOOD INGREDIENTS BRASIL. **Dossiê Alimentos Desidratados,** 2013.
- GUSSO, A. P.; MATTANNA, P.; RICHARDS II, N. **Yacon: benefícios à saúde e aplicações tecnológicas.** Ciência Rural, v. 4545, n. 55, p. 912–919, 2015.
- KARATHANOS, V.T.; BELESSIOTIS, V.G. **Application of a thin-layer equation to drying data of fresh and semi-dried fruits.** Journal of Agricultural Engineering Research, v. 74, p. 355-36, 1999.
- LOPES, F. J.; MELLO JR, R. E.; ALVES, G. E.; MENDONÇA, K.; SILVA, K.; CORRÊA, J. L. G. **Ajuste de modelos semiteóricos para predição de cinética de secagem de yacon.** In: Congresso brasileiro de sistemas particulados, São Carlos. 2015.
- MENEZES, M. L.; STROHER, A. P.; PERINE, P.; PEREIRA, N. C.; BARROS, S. T. D. **Análise da cinética e ajustes de modelos matemáticos aos dados de secagem do bagaço do maracujá-amarelo.** Engvista, v. 15, n. 2, p. 176-186, 2013a.
- MENEZES, M. L.; KUNZ, C. C.; PERINE, P.; PEREIRA, N. C.; ANDREO, O. A.; BARROS, S. T. D. **Analysis of convective drying kinetics of yellow passion fruit bagasse.** Acta Scientiarum. Technology, v. 35, n. 2, p. 291-298, 2013b.
- MOSCATTO, J. A.; PRUDÊNCIO-FERREIRA, S. H.; HAULY, M. C. O. **Farinha de yacon e inulina como ingredientes na formulação de bolo de chocolate.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 24, n. 4, p. 634-640, 2004.
- OLIVEIRA, G.O.; BRAGA, C. P., FERNANDES, A. A. H. **Improvement of biochemical parameters in type 1 diabetic rats after the roots aqueous extract of yacon (*Smallanthus sonchifolius*).** Food and Chemical Toxicology, v. 59, p. 256-260, 2013.
- REIS, R. D.; BARBOSA; L. S., LIMA; M. D. L.; REIS, J. D. S.; DEVILLA, I. A.; ASCHERI, D. P. **Modelagem matemática da secagem da pimenta Cumari do Pará.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 15, n. 4, p. 347–353., 2011.
- VILELA, C. A. A.; ARTUR, P. O. **Secagem do açafrão (*Curcuma longa L.*) em diferentes cortes geométricos.** Food Science and Technology, v. 28, n. 29, p. 387–394, 2008.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-433-7

