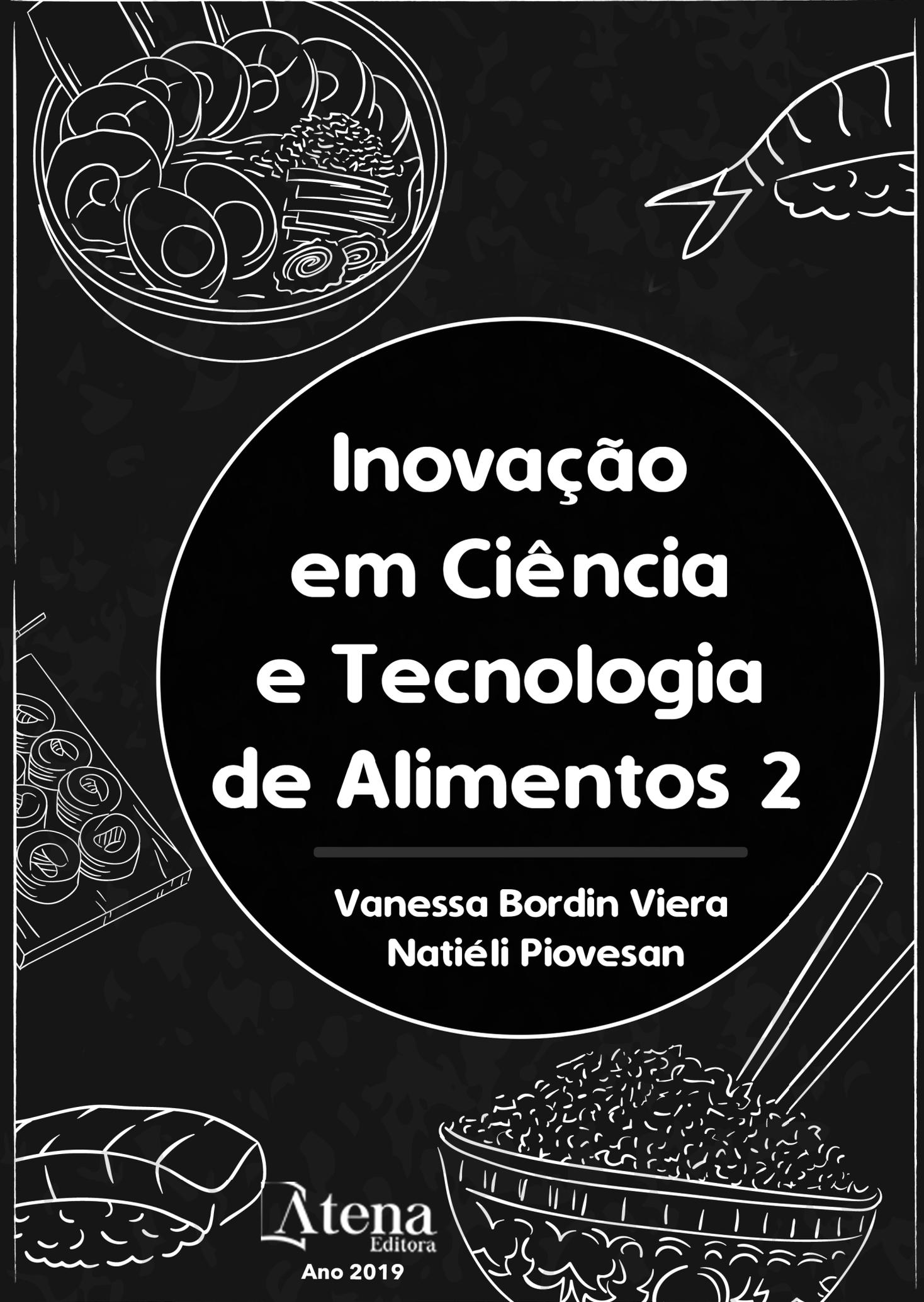


Inovação em Ciência e Tecnologia de Alimentos 2

**Vanessa Bordin Viera
Natiéli Piovesan**

Atena
Editora
Ano 2019



Inovação em Ciência e Tecnologia de Alimentos 2

**Vanessa Bordin Viera
Natiéli Piovesan**

Atena
Editora
Ano 2019

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



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
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. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
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 Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
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
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
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. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
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. 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. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª 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 Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
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. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
158	<p>Inovação em ciência e tecnologia de alimentos 2 [recurso eletrônico] / Organizadoras Vanessa Bordin Viera, Natiéli Piovesan. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Inovação em Ciência e Tecnologia de Alimentos; v. 2)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia. ISBN 978-85-7247-699-7 DOI 10.22533/at.ed.997190910</p> <p>1. Alimentos – Análise. 2. Alimentos – Indústria. 3. Tecnologia de alimentos. I. Viera, Vanessa Bordin. II. Piovesan, Natiéli. III. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 664.07</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

O *e-book* Inovação em Ciência e Tecnologia de Alimentos – Vol 1, 2 e 3, traz um olhar integrado da Ciência e Tecnologia de Alimentos. A presente obra é composta por 86 artigos científicos que abordam assuntos de extrema importância relacionados às inovações na área de Ciência e Tecnologia de alimentos.

No volume 1 o leitor irá encontrar 28 artigos com assuntos que abordam a inovação no desenvolvimento de novos produtos como sucos, cerveja, pães, *nibs*, doce de leite, produtos desenvolvidos a partir de resíduos, entre outros. O volume 2 é composto por 34 artigos desenvolvidos a partir de análises físico-químicas, sensoriais, microbiológicas de produtos, os quais tratam de diversos temas importantes para a comunidade científica. Já o volume 3, é composto por 25 artigos científicos que expõem temas como biotecnologia, nutrição e revisões bibliográficas sobre toxinfecções alimentares, probióticos em produtos cárneos, entre outros.

Diante da importância em discutir as inovações na Ciência e Tecnologia de Alimentos, os artigos relacionados neste *e-book* (Vol. 1, 2 e 3) visam disseminar o conhecimento e promover reflexões sobre os temas. Por fim, desejamos a todos uma excelente leitura!

Vanessa Bordin Viera
Natiéli Piovesan

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANALISE DO TEOR DE HIDROXIMETILFURFURAL DO MEL DE <i>Melipona flavolineata</i> NO DECURSO DO PROCESSO DE DESUMIDIFICAÇÃO POR AQUECIMENTO	
Adriane Gomes da Silva Marcos Enê Chaves Oliveira Mozaniel Santana de Oliveira Cláudio José Reis de Carvalho Daniel Santiago Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.9971909101	
CAPÍTULO 2	6
ATIVIDADE ANTIOXIDANTE, ANTIFÚNGICA E ANTIBACTERIANA DO COGUMELO <i>Agaricus sylvaticus</i> : UMA AVALIAÇÃO <i>IN VITRO</i>	
Naiane Rodrigues Ferreira Joice Vinhal Costa Orsine Thaís Diniz Carvalho Abdias Rodrigues da Mata Neto Milton Luiz da Paz Lima Maria Rita Carvalho Garbi Novaes	
DOI 10.22533/at.ed.9971909102	
CAPÍTULO 3	18
AUTOCHTHONHUS MICROBIOTA OF THE COCONUT SPROUT (<i>Cocos nucifera</i> L.: Arecaceae)	
Anna Luiza Santana Neves Amanda Rafaela Carneiro de Mesquita Edleide Freitas Pires	
DOI 10.22533/at.ed.9971909103	
CAPÍTULO 4	26
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA E DETERMINAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE QUEIJO COLONIAL	
Janaina Schuh Cecília Alice Mattiello Mariane Ferenz Marina Ribeiros Silvani Verruck Nei Fronza Álvaro Vargas Júnior Fabiana Bortolini Foralosso André Thaler Neto Sheila Mello da Silveira	
DOI 10.22533/at.ed.9971909104	

CAPÍTULO 5	36
AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DE DOCE CREMOSO, GELEIAS, CHUTNEY E RELISH DE VEGETAIS	
Felipe de Lima Franzen Tatiane Codem Tonetto Marialene Manfio Janine Farias Menegaes Marlene Terezinha Lovatto Mari Silvia Rodrigues de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.9971909105	
CAPÍTULO 6	45
AVALIAÇÃO DO MÉTODO DE VIDA DE PRATELEIRA ACELERADA EM PÃO DE ALHO	
Thainá Rodrigues Stella Jessica Basso Cavalheiro Jéssica Loraine Duenha Antigo Leticia Misturini Rodrigues Jane Martha Graton Mikcha Samiza Sala Michelin Grasiele Scaramal Madrona	
DOI 10.22533/at.ed.9971909106	
CAPÍTULO 7	54
AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE CAFÉS SOLÚVEIS COMERCIAIS	
Lívia Alves Barroso Iara Lopes Lemos João Vinícios Wirbitzki da Silveira Tatiana Nunes Amaral	
DOI 10.22533/at.ed.9971909107	
CAPÍTULO 8	59
AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA DAS ETAPAS DE PRODUÇÃO DE ALIMENTO INSTANTÂNEO PRODUZIDO A PARTIR DE RESÍDUOS DE PEIXES	
Daniela Fernanda Lima de Carvalho Cavenaghi Aurélia Regina Araújo da Silva Bruna Rosa dos Anjos Aryadne Karoline Carvalho Santiago Carolina Balbino Garcia dos Santos Wander Miguel de Barros Luzilene Aparecida Cassol	
DOI 10.22533/at.ed.9971909108	
CAPÍTULO 9	65
CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DA FARINHA DE ORA-PRO-NÓBIS (<i>Pereskia aculeata</i> mil.)	
Márlia Barbosa Pires Ana Karoline Silva dos Santos Keila Garcia da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.9971909109	

CAPÍTULO 10 77

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DE LARVAS DE TENÉBRIO (*Tenebrio molitor* L.) CRIADO PARA CONSUMO HUMANO

Daniela Fernanda Lima de Carvalho Cavenaghi

Juracy Caldeira Lins Junior

Juliana Maria Amabile Duarte

Wander Miguel de Barros

Neidevon Realino de Jesus

DOI 10.22533/at.ed.99719091010

CAPÍTULO 11 85

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICAS DE DIFERENTES VARIEDADES DE OLIVAS PRODUZIDAS NA UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

Lívia Alves Barroso

Iara Lopes Lemos

Gustavo de Castro Barroso

Tatiana Nunes Amaral

DOI 10.22533/at.ed.99719091011

CAPÍTULO 12 90

COMPARAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE FRUTAS ORGÂNICAS E CONVENCIONAIS

Júlia Montenegro

Renata dos Santos Pereira

Joel Pimentel Abreu

Anderson Junger Teodoro

DOI 10.22533/at.ed.99719091012

CAPÍTULO 13 98

COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADE HERBICIDA (FITOTÓXICA) DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Lippia thymoides* Mart. & Schauer (VERBENACEAE)

Sebastião Gomes Silva

Renato Araújo da Costa

Jorddy Neves da Cruz

Mozaniel Santana de Oliveira

Lidiane Diniz do Nascimento

Wanessa Almeida da Costa

José Francisco da Silva Costa

Daniel Santiago Pereira

Antônio Pedro da Silva Sousa Filho

Eloisa Helena de Aguiar Andrade

DOI 10.22533/at.ed.99719091013

CAPÍTULO 14 108

CONTEÚDO DE COMPOSTOS FENÓLICOS EM EXTRATOS DE PÉTALAS DE ROSA (*ROSA X GRANDIFLORA* HORT.), OBTIDOS POR EXTRAÇÃO COM ULTRASSOM

Felipe de Lima Franzen

Juciane Prois Fortes

Jéssica Righi da Rosa

Giane Magrini Pigatto

Janine Farias Menegaes

Mari Sílvia Rodrigues de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.99719091014

CAPÍTULO 15 116

DESIDRATAÇÃO DE FRUTAS PELO MÉTODO DE CAMADA DE ESPUMA

Heloisa Alves de Figueiredo Sousa
Josemar Gonçalves Oliveira Filho
Edilsa Rosa da Silva
Ivanete Alves de Santana Rocha
Rosenaide Dias Braga de Sousa
Isac Ricardo Rodrigues da Silva
Diana Fernandes de Almeida
Helloyse Eugênia da Rocha Alencar
Mariana Buranelo Egea

DOI 10.22533/at.ed.99719091015

CAPÍTULO 16 128

EFEITO DE TRÊS MÉTODOS DE ABATE SOBRE OS INDICADORES DE QUALIDADE DA CARNE DA TILÁPIA (*Oreochromis niloticus*) RESFRIADA

Elaine Cristina Batista dos Santos
Paulo Roberto Campagnoli de Oliveira Filho
Elisabete Maria Macedo Viegas

DOI 10.22533/at.ed.99719091016

CAPÍTULO 17 140

EFEITOS CITOHEMATOLÓGICOS DA SUPLEMENTAÇÃO COM *AGARICUS BRASILIENSIS* NA CRIAÇÃO DE TILÁPIAS DO NILO (*OREOCHROMIS NILOTICUS*)

Flávio Ferreira Silva
William César Bento Regis

DOI 10.22533/at.ed.99719091017

CAPÍTULO 18 152

EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO PROFILÁTICA COM *AGARICUS BRASILIENSIS* EM DE TILÁPIAS DO NILO (*OREOCHROMIS NILOTICUS*) DESAFIADAS POR *AEROMONAS HYDROPHILA*

Flávio Ferreira Silva
William César Bento Regis

DOI 10.22533/at.ed.99719091018

CAPÍTULO 19 160

EFEITOS DE DIFERENTES MÉTODOS DE COZELHO NAS CARACTERÍSTICAS NUTRICIONAIS E FÍSICO-QUÍMICAS DE CENOURAS (*Daucus carota* L.) PRONTAS PARA CONSUMO

Fabiana Bortolini Foralosso
Cauana Munique Haas
Maria Eduarda Peretti
Alvaro Vargas Júnior
Sheila Mello da Silveira
Nei Fronza

DOI 10.22533/at.ed.99719091019

CAPÍTULO 20 172

ERVAS AROMÁTICAS E ESPECIARIAS COMO FONTE DE ANTIOXIDANTES NATURAIS

Aline Sobreira Bezerra
Angélica Inês Kaufmann
Maiara Cristíni Maleico
Mariana Sobreira Bezerra

DOI 10.22533/at.ed.99719091020

CAPÍTULO 21 181

EVALUATION OF THE PROCESS OF DESPECTINIZATION OF CUPUAÇU PULP (*Theobroma grandiflorum*)

Luana Kelly Baltazar da Silva
Lenice da Silva Torres
Tatyane Myllena Souza da Cruz
Layana Natália Carvalho de Lima
Rayssa Silva dos Santos
Adriano César Calandrini Braga

DOI 10.22533/at.ed.99719091021

CAPÍTULO 22 188

EXTRAÇÃO ASSISTIDA POR ULTRASSOM PARA OBTENÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS DE CASCA DE ATEMOIA (*Annona cherimola* Mill x *Annona squamosa*)

Caroline Pagnossim Boeira
Déborah Cristina Barcelos Flores
Bruna Nichelle Lucas
Claudia Severo da Rosa
Natiéli Piovesan
Francine Novack Victoria

DOI 10.22533/at.ed.99719091022

CAPÍTULO 23 197

FARELO DE MILHO: UM INGREDIENTE PARA DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS E PROCESSOS ALIMENTÍCIOS

Tainara Leal de Sousa
Milena Figueiredo de Sousa
Rafaiane Macedo Guimarães
Adrielle Borges de Almeida
Mariana Buranelo Egea

DOI 10.22533/at.ed.99719091023

CAPÍTULO 24 209

INVESTIGAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIMICROBIANA DE FILMES BIOPOLIMÉRICOS CONTENDO NANOPARTÍCULAS DE OURO

Maicon Roldão Borges
Carla Weber Scheeren

DOI 10.22533/at.ed.99719091024

CAPÍTULO 25 216

MALDI-TOF MS BIOSENSOR IN MICROBIAL ASSESSMENT OF KEFIR PROBIOTIC

Karina Teixeira Magalhães-Guedes
Roberta Oliveira Viana
Disney Ribeiro Dias
Rosane Freitas Schwan

DOI 10.22533/at.ed.99719091025

CAPÍTULO 26 223

META-ANÁLISE COMO FERRAMENTA PARA AVALIAÇÃO DE DIFERENTES COPRODUTOS UTILIZADOS EM DIETAS PARA COELHOS DE CORTE

Diuly Bortoluzzi Falcone
Ana Carolina Kohlrausch Klinger
Amanda Carneiro Martini
Geni Salete Pinto de Toledo
Luciana Pötter
Leila Picolli da Silva

DOI 10.22533/at.ed.99719091026

CAPÍTULO 27 228

MODELAGEM TERMODINÂMICA E DETERMINAÇÃO DA SOLUBILIDADE DO ÓLEO DE BACABA (*Oenocarpus bacaba*) E UCUÚBA (*Virola surinamensis*) COM DIÓXIDO DE CARBONO SUPERCRÍTICO

Eduardo Gama Ortiz Menezes
Jhonatas Rodrigues Barbosa
Leticia Maria Martins Siqueira
Raul Nunes de Carvalho Junior

DOI 10.22533/at.ed.99719091027

CAPÍTULO 28 237

PARÂMETROS BIOQUÍMICOS DAS SEMENTES DE CAFÉ (*Coffea arabica*, L.) EM FUNÇÃO DE DA ADUBAÇÃO NITROGENADA

Danilo Marcelo Aires dos Santos
Enes Furlani Júnior
Michele Ribeiro Ramos
Eliana Duarte Cardoso
André Rodrigues Reis

DOI 10.22533/at.ed.99719091028

CAPÍTULO 29 249

PRÉ-TRATAMENTO DE CASCAS DE AMENDOIM COM ULTRASSOM DE ALTA INTENSIDADE: EFEITO ESTRUTURAL E LIBERAÇÃO DE AÇÚCARES

Tiago Carregari Polachini
Antonio Mulet
Juan Andrés Cárcel
Javier Telis-Romero

DOI 10.22533/at.ed.99719091029

CAPÍTULO 30 264

QUALIDADE DA FIBRA DO ALGODOEIRO (*Gossypium hirsutum* L.) EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO FOLIAR

Danilo Marcelo Aires dos Santos
Michele Ribeiro Ramos
Bruna Gonçalves Monteiro
Enes Furlani Júnior
Anderson Barbosa Evaristo
Marisa Campos Lima
Gustavo Marquardt
Geovana Alves Santos
Leticia Marquardt

DOI 10.22533/at.ed.99719091030

CAPÍTULO 31	274
RESULTADOS A PARTIR DE EQUIPAMENTO PORTÁTIL E DE BAIXO CUSTO DESENVOLVIDO PARA DETECÇÃO DE ADULTERAÇÕES EM LEITE	
Wesley William Gonçalves Nascimento	
Mariane Parma Ferreira de Souza	
Ana Carolina Menezes Mendonça Valente	
Virgílio de Carvalho dos Anjos	
Marco Antônio Moreira Furtado	
Maria José Valenzuela Bell	
DOI 10.22533/at.ed.99719091031	
CAPÍTULO 32	282
TEOR DE CAFÉINA E RENDIMENTO DE SEMENTES DE CINCO CULTIVARES DE GUARANAZEIRO COLHIDAS EM TRÊS ESTÁGIOS DE MATURAÇÃO E SUBMETIDAS A SEIS PERÍODOS DE FERMENTAÇÃO	
Lucio Pereira Santos	
Lucio Resende	
Enilson de Barros Silva	
DOI 10.22533/at.ed.99719091032	
CAPÍTULO 33	296
VALORIZATION OF WASTE COFFEE HUSKS: RECOVERY OF BIOACTIVE COMPOUNDS USING A GREEN EXTRACTION METHOD	
Ádina Lima de Santana	
Gabriela Alves Macedo	
DOI 10.22533/at.ed.99719091033	
CAPÍTULO 34	305
VIABILIDADE DE <i>BACILLUS CLAUSII</i> , <i>BACILLUS SUBTILIS</i> E <i>BACILLUS SUBTILIS</i> VAR NATTO EM NÉCTAR E POLPA DE CAJU	
Adriana Lucia da Costa Souza	
Luciana Pereira Lobato	
Rafael Ciro Marques Cavalcante	
Roberto Rodrigues de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.99719091034	
SOBRE AS ORGANIZADORAS	319
ÍNDICE REMISSIVO	320

PRÉ-TRATAMENTO DE CASCAS DE AMENDOIM COM ULTRASSOM DE ALTA INTENSIDADE: EFEITO ESTRUTURAL E LIBERAÇÃO DE AÇÚCARES

Tiago Carregari Polachini

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (IBILCE), Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos
São José do Rio Preto – São Paulo – Brasil
Grupo de Análisis y Simulación de Procesos Agroalimentarios (ASPA), Universitat Politècnica de València, Departamento de Tecnología de Alimentos
Valência – Espanha

Antonio Mulet

Grupo de Análisis y Simulación de Procesos Agroalimentarios (ASPA), Universitat Politècnica de València, Departamento de Tecnología de Alimentos
Valência – Espanha

Juan Andrés Cárcel

Grupo de Análisis y Simulación de Procesos Agroalimentarios (ASPA), Universitat Politècnica de València, Departamento de Tecnología de Alimentos
Valência – Espanha

Javier Telis-Romero

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (IBILCE), Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos
São José do Rio Preto – São Paulo – Brasil

é altamente interessante para tornar os biocombustíveis competitivos. O pré-tratamento com ultrassom de alta intensidade foi investigado para permitir a hidrólise parcial e maior acessibilidade dos carboidratos presentes em cascas de amendoim. Suspensões aquosas de cascas de amendoim em pó foram pré-tratadas com ultrassom de alta intensidade a temperatura baixa fixa. Experimentos de um planejamento fatorial variaram em relação à concentração de biomassa (4-12%); tempo de aplicação (30–90 min) e potência nominal aplicada (500–1500 W). A liberação de açúcares (totais e redutores) aumentou significativamente com o aumento da potência nominal aplicada, com o tempo de exposição e com a diminuição da concentração de suspensões. O índice de cristalinidade também mostrou um ligeiro aumento durante a sonicação, provavelmente devido à maior digestão da celulose amorfa, principalmente em condições de cavitação mais brandas. Nas condições em que a cristalinidade relativa das cascas de amendoim diminuiu, o rendimento da liberação de açúcar aumentou. As imagens de microscopia eletrônica de varredura ilustraram a maior ruptura da estrutura à medida que o tempo de aplicação, a potência aplicada aumentou e a concentração de sólidos diminuiu, estando de acordo com análises anteriores. Assim, o pré-tratamento das cascas de amendoim após o uso de ultrassom de alta intensidade mostrou

RESUMO: Melhorar a conversão da biomassa

efeitos interessantes para intensificar processos subsequentes de hidrólise e/ou fermentação.

PALAVRAS-CHAVE: resíduo agroindustrial, bioetanol, cavitação, tecnologias emergentes.

PRETREATMENT OF PEANUT SHELLS BY HIGH-INTENSITY ULTRASOUND: STRUCTURAL EFFECTS AND SUGAR RELEASE

ABSTRACT: The improvement of biomass conversion is highly interesting to make biofuels competitive. The pretreatment with high-intensity ultrasound was investigated to perform partial hydrolysis and to improve the accessibility of the carbohydrates existing in peanut shells. For this, aqueous suspensions of powdered peanut hulls were pretreated with high-intensity ultrasound at low temperature. The factorial experimental design varied in relation to the biomass concentration (4-12%); exposure time (30-90 min) and nominal power applied (500-1500 W). The sugar (total and reducing) release increased significantly with the increase of the nominal power applied, the time of exposure and the decrease of the concentration of suspensions. The crystallinity index also showed a slight increase during sonication, probably due to the greater digestion of amorphous cellulose, especially under milder cavitation conditions. The conditions in which the relative crystallinity of the peanut hulls decreased, the yield of the sugar release increased. Scanning electron microscopy images showed the greater rupture of the structure as the time of application and the applied power increased and the solids concentration decreased, being in accordance to previous analyzes. The pretreatment of peanut hulls with high-intensity ultrasound showed interesting effects to enhance further hydrolysis and/or fermentation processes.

KEYWORDS: agroindustrial residue, bioethanol, cavitation, emerging technologies.

1 | INTRODUÇÃO

Os resíduos lignocelulósicos provenientes da agroindústria têm-se apresentado como fonte renovável para produção de biocombustíveis em substituição aos combustíveis fósseis. Dentre estes resíduos, encontram-se aqueles gerados pelas indústrias de beneficiamento de amendoim que, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), gera aproximadamente 350 mil toneladas de amendoim em casca ao ano (IBGE, 2016). Estima-se que 90 milhões de toneladas de casca sejam produzidas decorrentes do processamento do amendoim, uma vez que uma porcentagem de 25 a 30% do grão inteiro corresponde à casca (GODOY et al., 1982).

Sua composição rica em carboidratos, aliada a grande disponibilidade a baixo custo, favorece sua utilização como matéria-prima na indústria de bioetanol, também chamado de etanol de segunda geração. O processamento todo contempla

quatro principais etapas: um pré-tratamento do material para facilitar o acesso aos carboidratos, hidrólise/sacarificação da hemicelulose e celulose, fermentação dos açúcares produzidos e destilação do etanol resultante. Porém, o processamento de cada resíduo depende do processo, biodegradabilidade, desempenho frente à tecnologia aplicada em cada etapa (NARAYAN, 1994).

Para obter um material lignocelulósico com uma estrutura que permita a ação dos agentes químicos, físicos ou biológicos, são necessários pré-tratamentos para alterar a estrutura cristalina da celulose e aumento da porosidade do material (McMILLAN, 1994). A proposta do pré-tratamento é aumentar a superfície de atuação das enzimas e microrganismos com eventual produção de açúcares. Esta etapa reduz os custos do processamento global e melhora sua eficiência (LEE et al., 1999).

Existem várias formas de se oxidar este composto, porém alguns métodos são mais adequados e seletivos para que as cadeias de carbono sejam quebradas em um ponto específico, mantendo as ligações glicosídicas intactas para posterior fermentação (AIMIN et al., 2005). Um principal destaque são os estudos sobre a influência do ultrassom de potência, ou de alta intensidade para aumentar a acessibilidade à celulose (SASMAL et al., 2012). Os efeitos causados no material sólido durante a propagação das ondas ultrassônicas estão relacionados aos fenômenos de cavitação no meio líquido com geração de microcorrentes na interface sólido-líquido de forma suficientemente intensa para causar erosão em materiais poliméricos (MASON; LORIMER, 2002).

Visto que a contribuição do uso de ultrassom de alta intensidade para intensificar processos e reações vem sendo amplamente estudada, buscou-se por esse trabalho avaliar diferentes condições de pré-tratamentos de cascas de amendoim assistidos por ultrassom de alta intensidade. Como respostas aos experimentos analisados, foram avaliadas a produção de açúcares totais e redutores, variações no índice de cristalinidade e morfologia das partículas de biomassa.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Material

Cascas de amendoim limpas e secas foram fornecidas pela Cooperativa Agroindustrial (COPLANA, Jaboticabal) e trituradas em um moinho de facas MA380 (Marconi, Piracicaba, Brasil) para obter um pó de tamanho médio de partícula em torno de 900 μm , determinado pelo ajuste do modelo teórico de Rosin-Rammler-Bennet (ALLEN, 1981) aos dados de retenção em peneiras da série Tyler. As cascas de amendoim em pó foram dispersas em água destilada de forma a obter suspensões aquosas de concentrações de 4, 8 e 10% (m/m). Estas suspensões foram preparadas previamente a cada pré-tratamento.

2.2 Pré-tratamento assistido por ultrassom

Em uma câmara encamisada de capacidade de 400 mL, aproximadamente 360 g das suspensões aquosas contendo pó de casca de amendoim foram inseridas previamente a cada ensaio. Um processador ultrassônico Vibra-Cell VCX 1500HV (Sonics and Materials, Connecticut, EUA), com uma sonda acoplada de titânio de diâmetro de 25 mm e comprimento de 254 mm, foi posicionado de forma que a sonda atinja toda a amostra. A aplicação do ultrassom foi realizado mantendo a temperatura da câmara a 10 °C com auxílio de um banho termostático.

Os ensaios foram realizados utilizando um planejamento experimental fatorial 3^3 , onde variou-se em três níveis os seguintes fatores: tempo de aplicação de ultrassom t (30; 60 e 90 min), potência aplicada U (500, 1000 e 1500W) e concentração de biomassa na suspensão X (4, 8 e 12%). Em todos os ensaios, o equipamento operou a uma frequência fixa de 20 kHz em sistema de pulsos contínuos. O delineamento experimental contou com 27 experimentos com 3 repetições no ponto central, totalizando 30 ensaios.

Decorrido o tempo de aplicação estabelecido, o hidrolisado foi centrifugado a 18500 rcf por 15 minutos. Com o auxílio de uma pipeta, o sobrenadante foi retirado para ser submetido às análises de açúcares totais e açúcares redutores. O sedimentado foi congelado e liofilizado em um liofilizador Liotop 101 (Liobrás, São Carlos, Brasil) a -52 °C e pressão de ~50 μ mHg por 72 horas para proceder às análises estruturais e morfológicas.

2.3 Determinação dos açúcares produzidos

Para avaliar a quantidade de açúcares totais (S_T) produzido durante o processo de pré-tratamento com ultrassom de alta intensidade, foi utilizado o método fenol-sulfúrico proposto por DuBois et al. (1956), adaptado por Masuko et al. (2005) para realização em microplaca. Uma curva padrão de glicose anidra foi usada para quantificação dos açúcares totais.

Os açúcares redutores totais (S_R) foram quantificados pelo método DNS proposto por Miller (1959). O método baseia-se na redução, em meio alcalino, do 3,5-dinitrosalicilato (coloração amarela). O produto formado é estável, com coloração laranja-avermelhado (3-amino 5-nitro salicilato) na proporção estequiométrica e máxima absorção da luz visível no comprimento de onda de aproximadamente 540 nm. Assim como feito para os açúcares totais, uma curva padrão com glicose anidra foi usada na quantificação dos açúcares redutores totais. Ambas as análises foram realizadas em triplicata.

2.4 Determinação do índice de cristalinidade (Crl)

As amostras liofilizadas tratadas e a amostra não-tratada foram peneiradas em uma peneira da série Tyler mesh 35, a fim de garantir a homogeneidade das

partículas. Posteriormente, estas amostras foram submetidas à análise de difração de Raio-X usando uma unidade Miniflex 3000 (Rigaku, Tóquio, Japão) com radiação de Cu, linha K,L = 1,542 Å e escaneamento em 2θ na faixa de 5 a 45°. A velocidade de escaneamento foi de 1 °/min nas condições de 30 kV e 10 mA. O índice de cristalinidade (*CrI*) pôde ser calculado pelo método proposto por Segal et al. (1959), através da equação (1):

$$CrI(\%) = \frac{I_{cristalino} - I_{amorfo}}{I_{cristalino}} \times 100 \quad (1)$$

Onde $I_{cristalino}$ é a intensidade do pico cristalino em 22,7° e I_{amorfo} é a intensidade do pico amorfo em 18°, dado em cps (contagem de picos por segundo).

2.5 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

As microscopias eletrônicas foram feitas usando uma unidade FEI Magellan 400 L (FEI, Oregon, EUA) operando a 5 kV, de acordo com Villa-Vélez et al. (2015). As amostras liofilizadas e a amostra não-tratada seguiram para as análises usando uma fita de carbono e cobertura de ouro.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Produção de açúcares

As análises de açúcares resultaram maiores valores para os açúcares totais (de 14,6 a 29,0 mg de açúcares totais/g de sólidos) do que para açúcares redutores (de 6,9 a 23,6 mg de açúcar redutor/g de sólidos) (Tabela 1). Tal diferença é esperada, já que os açúcares redutores representam a maioria de carboidratos totais que foram liberados após pré-tratamento com ultrassom. Valores similares foram observados por Werle et al. (2013) e Villa-Vélez et al. (2015). A presença de pectina na constituição de outros resíduos como cascas de banana pelos últimos autores pode ocasionar liberação/hidrólise de carboidratos de menor peso molecular, contribuindo para valores maiores de açúcares totais (EMAGA et al., 2008). Por outro lado, rendimentos semelhantes de hidrólise foram obtidos para o bagaço de cana de açúcar tratados com potências muito menores por longos períodos (LI et al., 2012). Quando as ondas de ultrassom se propagam no meio, séries de compressões e descompressões são induzidas por meio de deslocamento molecular. Esse deslocamento gera bolhas de cavitação que, ao entrarem em colapso, pode acarretar na erosão de materiais sólidos e na quebra de ligações em materiais poliméricos como a hemicelulose e celulose (MASON; CORDEMANS, 1996). Sendo assim, os dados de liberação de açúcar a partir de cascas de amendoim após aplicação de ultrassom mostram a

eficiência da tecnologia em hidrolisar parcialmente a biomassa tratada.

Ensaio	X (% m/m)	t (min)	U (W)	S_T (mg·g ⁻¹)	S_R (mg·g ⁻¹)	Crl (%)
1	4	30	500	16,9 ± 0,3	6,9 ± 0,1	37,6 ± 1,2
2	4	30	1000	26,2 ± 4,9	15,7 ± 1,4	35,7 ± 1,0
3	4	30	1500	21,2 ± 4,4	11,4 ± 0,4	37,9 ± 0,6
4	4	60	500	22,2 ± 0,1	13,9 ± 0,7	37,4 ± 1,2
5	4	60	1000	26,1 ± 2,6	16,2 ± 3,7	40,5 ± 0,7
6	4	60	1500	28,7 ± 2,0	23,6 ± 2,6	36,5 ± 1,8
7	4	90	500	27,7 ± 1,9	15,7 ± 2,4	37,4 ± 0,6
8	4	90	1000	24,5 ± 0,5	18,1 ± 0,6	37,2 ± 0,2
9	4	90	1500	25,0 ± 1,0	18,5 ± 0,4	36,0 ± 1,3
10	8	30	500	21,8 ± 1,8	19,7 ± 0,3	35,9 ± 1,4
11	8	30	1000	21,7 ± 0,0	20,0 ± 1,3	36,2 ± 0,8
12	8	30	1500	22,3 ± 0,7	20,7 ± 0,2	36,0 ± 0,4
13	8	60	500	15,6 ± 0,7	13,1 ± 0,2	40,3 ± 1,7
14	8	60	1000	23,0 ± 0,7	20,0 ± 1,9	42,9 ± 1,4
15	8	60	1500	28,1 ± 2,3	19,6 ± 0,5	40,3 ± 1,5
16	8	90	500	22,9 ± 0,8	19,6 ± 0,4	43,6 ± 0,4
17	8	90	1000	25,3 ± 0,1	20,2 ± 1,4	38,6 ± 0,6
18	8	90	1500	29,0 ± 0,4	21,3 ± 0,0	41,7 ± 0,4
19	12	30	500	15,2 ± 0,9	13,4 ± 1,6	40,9 ± 0,6
20	12	30	1000	14,8 ± 0,6	12,9 ± 0,5	39,0 ± 0,5
21	12	30	1500	18,1 ± 0,2	14,1 ± 1,1	38,4 ± 1,1
22	12	60	500	22,2 ± 0,5	13,9 ± 0,0	42,3 ± 0,3
23	12	60	1000	23,6 ± 1,1	14,0 ± 0,4	44,8 ± 0,6
24	12	60	1500	16,9 ± 1,2	13,9 ± 0,1	43,0 ± 0,1
25	12	90	500	15,9 ± 0,6	14,0 ± 0,8	38,1 ± 2,0
26	12	90	1000	14,6 ± 0,7	12,8 ± 0,3	43,9 ± 1,5
27	12	90	1500	25,6 ± 1,2	13,0 ± 0,4	47,2 ± 1,2
28 (C)	8	60	1000	23,0 ± 0,6	19,6 ± 1,8	44,0 ± 0,8
29 (C)	8	60	1000	22,7 ± 2,0	19,8 ± 0,5	36,1 ± 1,0
30 (C)	8	60	1000	25,1 ± 2,1	20,7 ± 1,8	40,7 ± 2,1

Tabela 1 – Açúcares totais (S_T), açúcares redutores (S_R) e índice de cristalinidade obtidos após os ensaios estabelecidos no planejamento experimental.

Os efeitos estimados de cada variável sobre a produção de açúcares foram avaliados (Tabela 2), obtendo influencia significativa de todas variáveis ($p < 0,05$). As Figuras 1 e 2 representam a produção de açúcares totais e redutores, respectivamente, em função das variáveis significativas.

	Efeitos estimados			Erro padrão			valor t (3)			valor p		
	S_T	S_R	Crl	S_T	S_R	Crl	S_T	S_R	Crl	S_T	S_R	Crl
Média	22,00	16,16	39,55	106,27	0,09	0,27	106,27	178,18	1,34	<0,001	<0,001	0,201
X	-5,74	-1,98	4,56	-10,96	0,23	1,66	-10,96	-8,65	2,75	<0,001	0,032	0,071
X^2	1,75	4,78	-0,31	4,13	0,18	1,34	4,13	25,74	-0,23	0,026	<0,001	0,834

<i>t</i>	3,60	2,06	2,91	6,88	0,23	1,66	6,88	8,99	1,75	0,006	0,003	0,178
<i>t</i> ²	1,19	0,43	1,78	2,82	0,18	1,34	2,82	2,34	1,32	0,067	0,101	0,277
<i>U</i>	3,83	2,88	0,38	7,30	0,23	1,66	7,30	12,59	0,23	0,005	0,001	0,832
<i>U</i> ²	0,09	0,72	39,55	0,21	0,18	0,27	0,21	3,88	1,35	0,847	0,030	0,201

Tabela 2 – Tabela de efeitos estimados para açúcar total (S_T), açúcar redutor (S_R) e índice de cristalinidade (Cr).

Na medida em que se aumentou a concentração de biomassa em suspensão, a produção de açúcares totais e redutores reduziu de forma não-linear caracterizado pelos parâmetros lineares e quadráticos. O aumento da carga de sólidos em suspensão provoca o aumento na viscosidade aparente da suspensão (POLACHINI et al., 2016). Este aumento está relacionado à maior interação molecular, levando a maior dificuldade em romper as forças coesivas para provocar a cavitação (MASON; LORIMER, 2002). Para açúcares redutores, maior hidrólise ocorreu em concentrações intermediárias em torno de 8%. Este fato pode ter ocorrido pois na maior concentração, a cavitação é reduzida pelo aumento de viscosidade (POLACHINI et al., 2016) e na menor concentração o número de grupos redutores terminais dos polímero está em menor quantidade (HON; SHIRAISHI, 2002).

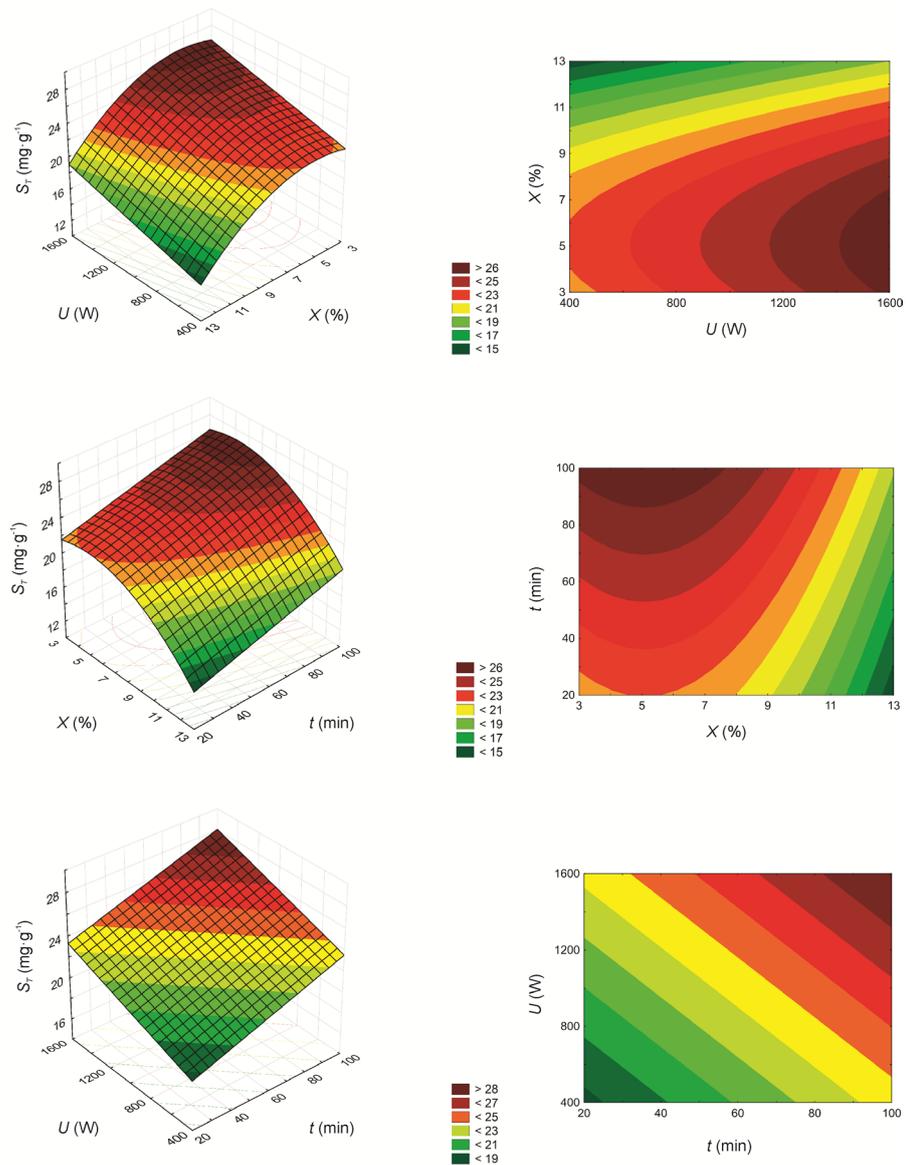


Figura 1 – Superfícies de resposta (esquerda) e gráficos de contorno (direita) para a produção de açúcares totais em função das variáveis significativas.

Embora alguns autores reportem que prolongar o processo de sonicação pode não intensificar os efeitos sonoquímicos (HUANG et al., 2011; SUN et al., 2002; NIKOLIĆ et al., 2010), o aumento do tempo de aplicação estudado neste trabalho provocou uma liberação linear de açúcares totais e redutores. Acima de 30 min de aplicação de ultrassom, é possível que os carboidratos liberados estejam relacionados às xilanas recuperadas a partir da biomassa (YUNUS et al., 2010).

O aumento na potência nominal aplicada intensificou a produção de açúcares redutores linearmente e quadraticamente, embora tenha efeito apenas linear para a produção de açúcares totais. According to Polachini et al. (2017), o aumento na potencia nominal em suspensões de cascas de amendoim provocou aumento na intensidade da cavitação.

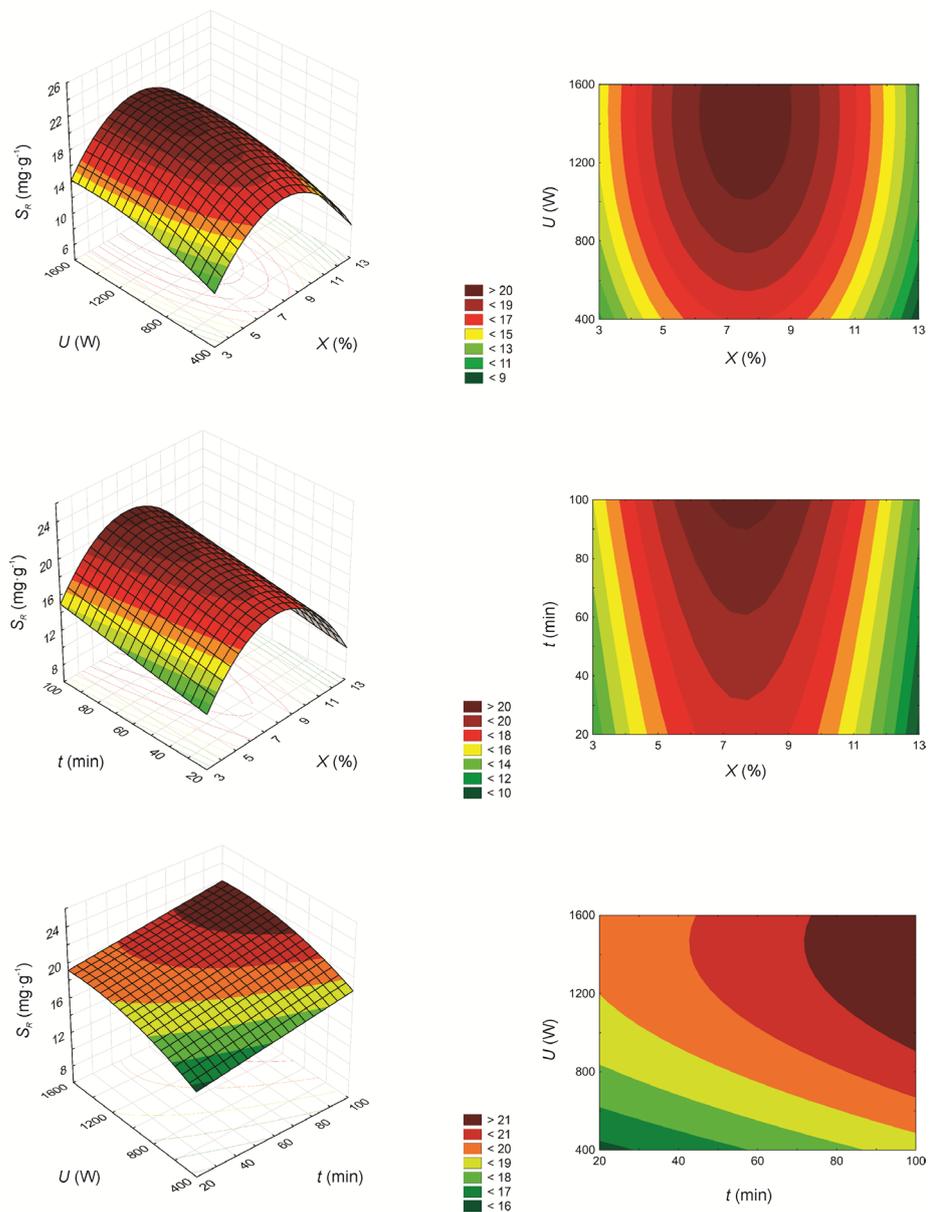


Figura 2 – Superfícies de resposta (esquerda) e gráficos de contorno (direita) para a produção de açúcares redutores em função das variáveis significativas.

3.2 Índice de cristalinidade (Crl)

Após os tratamentos realizados, as cascas de amendoim foram analisadas quanto ao índice de cristalinidade já que a celulose é um polímero composto de zonas amorfas e cristalinas que podem variar em sua proporção de acordo com o material ou tratamento aplicado. Sendo assim, diferentes índices de cristalinidade foram observados entre 35,7% e 47,2% (Tabela 1) para as amostras tratadas e 37,4% para a amostra não-tratada, calculado a partir do padrão de difração de raio-X da Figura 3.

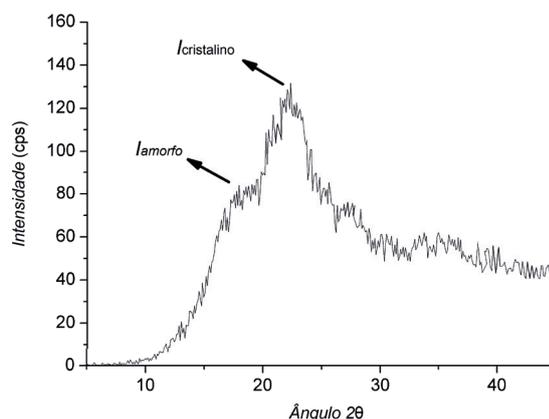


Figura 3 – Padrão de difração de raio-X para a amostra não-tratada.

Ao avaliar o efeito das variáveis do pré-tratamento com ultrassom, a análise dos efeitos estimados demonstrou que os parâmetros mais significativos foram o tempo de aplicação ($p=0,18$) e a concentração de biomassa na suspensão ($p=0,07$) como mostrado na Tabela 2. A Figura 4 mostra a superfície de resposta e gráfico de contorno para as duas variáveis mais significativas. Variações na potencia nominal não apresentaram efeito significativo sobre o índice de cristalinidade. O aumento na potencia nominal pode causar o acúmulo de bolhas de cavitação próximas à ponta da sonda, dificultando o processo de transferência de massa e energia (GOGATE et al., 2011).

Ao aumentar a concentração de sólidos na suspensão, a cavitação produzida nestas condições é suficiente apenas para romper as regiões amorfas da celulose, as quais são mais susceptíveis que as zonas cristalinas (ARANTES; SADDLER, 2011). Este fato aumenta percentual de área cristalina baseado na área total das fibras, assim como observado por Binod et al. (2012) após tratar bagaço de cana-de-açúcar com micro-ondas. Outra possível explicação para o aumento na cristalinidade da celulose é a clivagem das ligações C–C e C–H da lignina e hemicelulose pelos radicais OH^- e H^+ formados durante a cavitação em meio aquoso, estimulando assim o fracionamento da lignocelulose (MASON; LORIMER, 2002; CSOKA et al., 2007). Por outro lado, a aplicação de ultrassom em suspensões concentradas a 4% de sólidos sugere um efeito suficientemente forte para romper tanto as regiões amorfas quanto as cristalinas, estando de acordo com os resultados de liberação de açúcares.

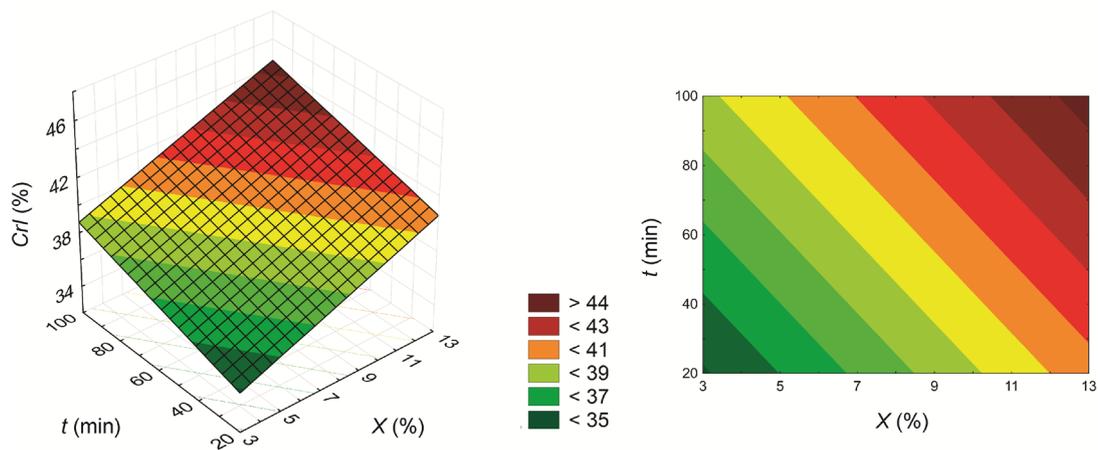


Figura 4 – Superfície de resposta (esquerda) e gráfico de contorno (direita) para índice de cristalinidade em função da concentração de sólidos na suspensão e tempo de aplicação do ultrassom.

3.3 Microscopia eletrônica de varredura

A fim de avaliar o efeito do ultrassom na microestrutura das cascas de amendoim, foram realizadas microscopias eletrônicas de varredura (MEV) das amostras tratadas e não-tratadas. As amostras não-tratadas mostraram superfície lisa com poucas imperfeições. Na Figura 5, notou-se que na medida em que o tempo de aplicação do ultrassom aumentou, maior degradação ocorreu na estrutura da casca do amendoim.

Por outro lado, quando a concentração da suspensão diminuiu, também evidenciou-se maior quebra da estrutura das cascas. Comportamento similar foi reportado por Villa-Vélez et al. (2015), ao tratar amostras de pedúnculo de banana com ultrassom de potência em diferentes condições. O colapso das bolhas de cavitação na interface sólido-líquido é capaz de romper as ligações poliméricas e alterar a superfície das cascas mais intensamente em suspensões diluídas, tornando a celulose mais acessível para futura hidrólise.

Embora a potência não tenha demonstrado efeito significativo para o índice de cristalinidade, este fator influenciou positivamente a liberação de açúcares. Assim, a Figura 6 foi construída para apresentar as variações na estrutura em diferentes potências aplicadas. As imagens mostram maiores rupturas mecânica quando as cascas de amendoim foram submetidas a maiores potências, indicando área superficial visualmente maior com estruturas mais facilmente acessível.

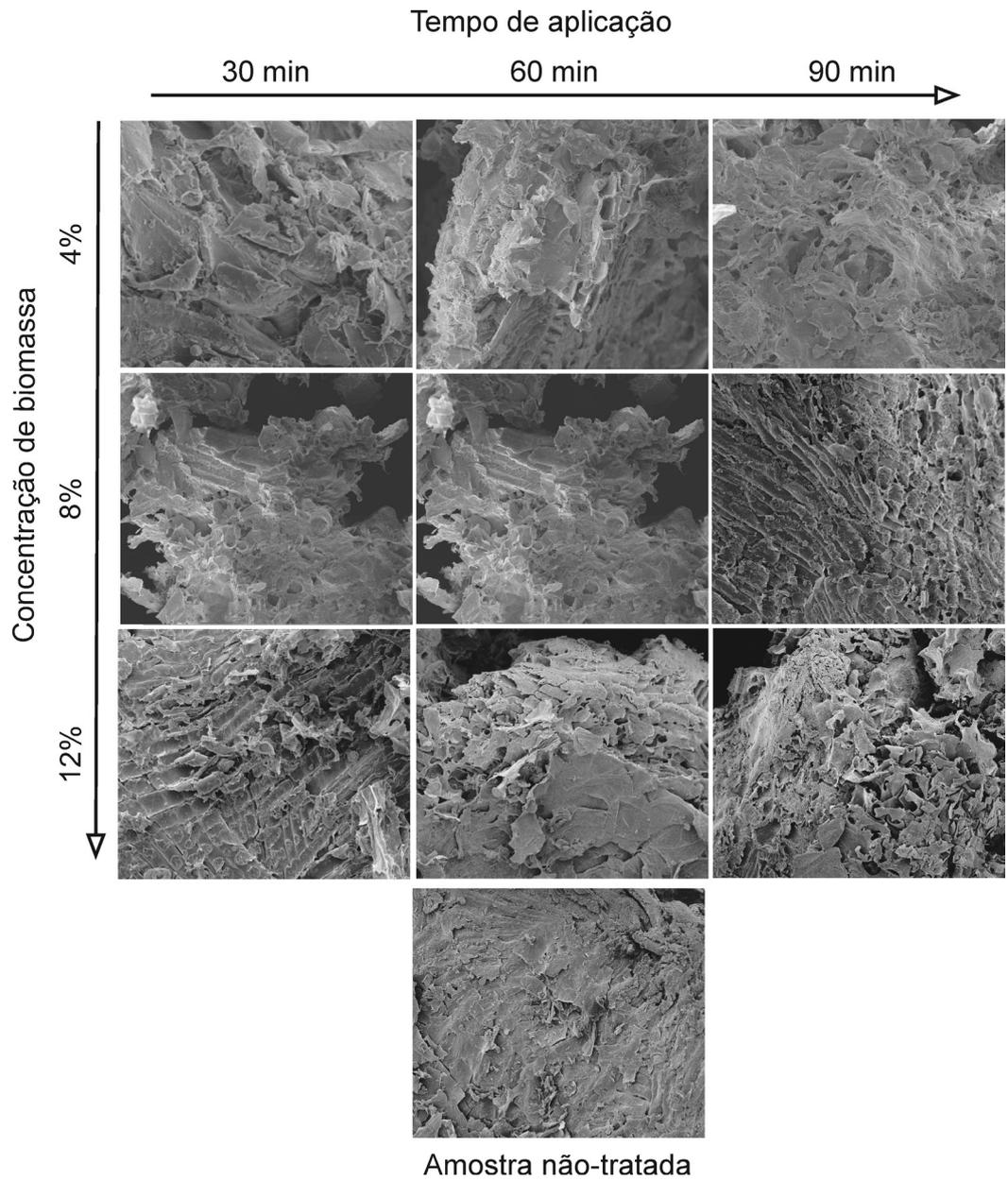


Figura 5 – Microscopia eletrônica de varredura (1000x) para amostras de casca de amendoim tratadas com ultrassom de potência a 1000 W em diferentes concentrações de biomassa e tempo de aplicação.

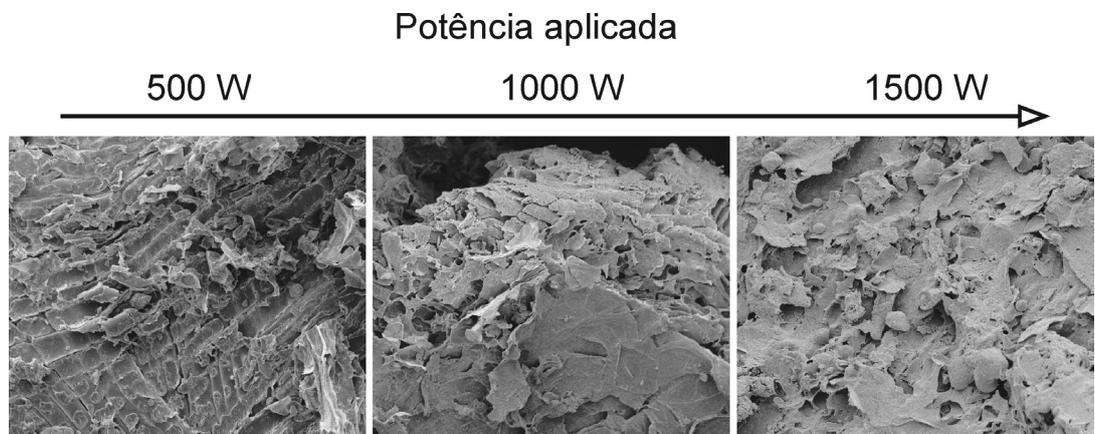


Figura 6 – Microscopia eletrônica de varredura (1000x) para amostras de casca de amendoim tratadas com ultrassom de potência por 60 min em suspensões concentradas em 12% (m/m).

4 | CONCLUSÃO

Em geral, os resultados indicaram que o ultrassom de alta intensidade é uma ferramenta útil para melhorar os processos de hidrólise e viabilizar a produção de bioetanol a partir de cascas de amendoim. A liberação de açúcar das cascas de amendoim foi favorecida por um aumento na potência aplicada e tempo de aplicação, bem como uma diminuição na concentração de suspensões. Grande parte dos carboidratos em solução foi contabilizada como açúcares redutores, provavelmente obtidos a partir das cadeias terminais dos compostos da lignocelulose. O ultrassom de potência também influenciou no índice de cristalinidade das fibras de celulose, causando um ligeiro aumento no teor de celulose cristalina à medida que a concentração de suspensões e o tempo de exposição aumentaram e leve decréscimo nas suspensões diluídas. Por outro lado, as microscopias de varredura mostraram uma estrutura mais aberta, estando de acordo com os análises anteriores.

Os resultados relatados são específicos para cascas de amendoim em uma determinada geometria e sistema operacional do reator, conferindo uma melhor compreensão sobre os efeitos do ultrassom de alta intensidade como técnica emergente. Além disso, o uso do ultrassom com agentes catalisadores como um método combinado para pré-tratamentos convencionais é incentivado com o objetivo de otimizar o consumo de energia e as etapas subsequentes de sacarificação e/ou fermentação das cascas de amendoim.

REFERÊNCIAS

AIMIN, T.; HONGWEI, Z.; CHANG, C.; GUOHUI, X. e WENZHI, L. Influence of ultrasound treatment on accessibility and regioselective oxidation reactivity of cellulose. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 12, n. 6, p. 467-472, 2005.

ALLEN, T. (1981). **Particle size measurement**. Chapman and Hall: Londres.

ARANTES, V.; SADDLER, J. Cellulose accessibility limits the effectiveness of minimum cellulase loading on the efficient hydrolysis of pretreated lignocellulosic substrates. **Biotechnology and Biofuels**, v. 4, n. 1, p. 1-17, 2011.

BINOD, P., SATYANAGALAKSHMI, K., SINDHU, R., JANU, K.U., SUKUMARAN, R.K., PANDEY, A. Short duration microwave assisted pretreatment enhances the enzymatic saccharification and fermentable sugar yield from sugarcane bagasse, **Renewable Energy**, v. 37, p. 109-116, 2012.

CKOSA, L., LORINCZ, A., WINKLER, A. Sonochemically modified wheat straw for pulp and papermaking in order to increase its economical rates and reduce the environmental issues, **BioResources**, v. 3, p. 91-97, 2007.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A. e SMITH, F. Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. **Analytical Chemistry**, v. 28, n. 3, p. 350-356, 1956.

EMAGA, T.H., ROBERT, C., RONKART, S.N., WATHELET, B. e PAQUOT, M. Dietary fibre components and pectin chemical features of peels during ripening in banana and plantain varieties. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 4346-4354. 2008.

GODOY, O. P.; MARCOS-FILHO, J.; CÂMARA, G. D. S. E FONSECA, H. **Tecnologia da produção. Amendoim: produção, pré-processamento e transformação agroindustrial**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia 1982.

GOGATE, P.R., SUTKAR, V.S., PANDIT, A. B. Sonochemical reactors: Important design and scale up considerations with a special emphasis on heterogeneous systems, **Chemical Engineering Journal**, v. 166, p. 1066-1082, 2011.

HON, D.N.S., SHIRAISHI, N. **Wood and cellulosic chemistry**, Marcel Dekker, Basel, 2001.

HUANG, R., SU, R., QI, W., HE, Z. Bioconversion of Lignocellulose into Bioethanol: Process Intensification and Mechanism Research, **BioEnergy Research**, v. 4, p. 225-245, 2011.

IBGE. "Produção agrícola. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão: Brasília". Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.shtm>> Acesso em: 01/02/2016.

LEE, Y. Y.; IYER, P.; TORGET, R. W. **Dilute-Acid Hydrolysis of Lignocellulosic Biomass**. Springer Berlin Heidelberg, 1999.

LI, Q., JI, G.S., TANG, Y.B., GU, X.D., FEI, J.J. e JIANG, H.Q. Ultrasound-assisted compatible in situ hydrolysis of sugarcane bagasse in cellulase-aqueous-N-methylmorpholine-N-oxide system for improved saccharification. **Bioresource Technology**, v.107, p.251-257. 2012.

MASON, T. J.; CORDEMANS, E. D. Ultrasonic intensification of chemical processing and related operations: A review. **Chemical Engineering Research & Design**, v. 74, n. A5, p.511-516, 1996.

MASON, T. J.; LORIMER, J. P. **Applied sonochemistry**. Weinheim: Wiley-vch, 2002.

MASUKO, T.; MINAMI, A.; IWASAKI, N.; MAJIMA, T.; NISHIMURA, S. I. e LEE, Y. C. Carbohydrate analysis by a phenol-sulfuric acid method in microplate format. **Analytical Biochemistry**, v. 339, n. 1, p. 69-72, 2005.

MCMILLAN, J. D. **Pretreatment of lignocellulosic biomass**. Washington, D. C.: American Chemical Society, 1994.

MILLER, G. L. Use of DNS reagent for the measurement of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 1, p. 426-428, 1959.

NARAYAN, R. **Polymers from agricultural coproducts**. Washington, DC: American Chemical Society, 1994.

NIKOLIĆ, S., MOJOVIĆ, L., RAKIN, M., PEJIN, D., PEJIN, J. Ultrasound-assisted production of bioethanol by simultaneous saccharification and fermentation of corn meal, **Food Chemistry**, v. 122, p. 216-222, 2010.

POLACHINI, T. C., SATO, A. C. K., CUNHA, R. L. Telis-Romero, J. Density and rheology of acid suspensions of peanut waste in different conditions: An engineering basis for bioethanol production, **Powder Technology**, 294, 168-176, 2016.

POLACHINI, T. C., CARVALHO, G. R., TELIS-ROMERO, J. Determination of acoustic fields in acidic suspensions of peanut shell during pretreatment with high-intensity ultrasound. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 34, n. 2, p. 385-394, 2017.

SASMAL, S.; GOUD, V. V.; MOHANTY, K. Ultrasound Assisted Lime Pretreatment of Lignocellulosic

Biomass toward Bioethanol Production. **Energy & Fuel**, v. 26, n. 6, p. 3777-3784, 2012.

SEGAL, L.; CREELY, J. J.; MARTIN JR, A. E. e CONRAD, C. M. An Empirical Method for Estimating the Degree of Crystallinity of Native Cellulose Using the X-Ray Diffractometer. **Textile Research Journal**, v. 29, n. 10, p. 786-794, 1959.

VILLA-VÉLEZ, H. A.; VÁQUIRO, H. A.; TELIS-ROMERO, J. The effect of power ultrasound on the pretreatment of acidified aqueous solutions of banana flower-stalk: Structural, chemical and statistical analysis. **Industrial Crops and Products**, v. 66, p. 52-61, 2015.

WERLE, L. B.; GARCIA, J. B.; KUHN, R. C.; SCHWAAB, M.; FOLETTTO, E. L.; CANCELIER, S. L.; JAHN, S. L. e MAZUTTI, M. A.. Ultrasound-assisted acid hydrolysis of palm leaves (*Roystonea oleracea*) for production of fermentable sugars. **Industrial Crops and Products**, v. 45, p. 128- 132, 2013.

YUNUS, R., SALLEH, S. F., ABDULLAH, N., BIAK, D. R. A. Effect of ultrasonic pre-treatment on low temperature acid hydrolysis of oil palm empty fruit bunch, **Bioresource Technology**, v. 101, p. 9792-9796, 2010.

SOBRE AS ORGANIZADORAS

VANESSA BORDIN VIERA bacharel e licenciada em Nutrição pelo Centro Universitário Franciscano (UNIFRA). Mestre e Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Docente do Curso de Nutrição e da Pós-Graduação em Ciências Naturais e Biotecnologia da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Editora da subárea de Ciência e Tecnologia de Alimentos do *Journal of bioenergy and food science*. Líder do Grupo de Pesquisa em Ciência e Tecnologia de Alimentos da UFCG. Possui experiência com o desenvolvimento de pesquisas na área de antioxidantes, desenvolvimento de novos produtos, análise sensorial e utilização de tecnologia limpas.

NATIÉLI PIOVESAN Docente no Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN), graduada em Química Industrial e Tecnologia em Alimentos, pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Possui graduação no Programa Especial de Formação de Professores para a Educação Profissional. Mestre e Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Atua principalmente com o desenvolvimento de pesquisas na área de antioxidantes naturais, desenvolvimento de novos produtos e análise sensorial.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abelhas sociais 1

Ácido graxo 85, 232

Alelopátia 99

Alimento funcional 6

Análise de qualidade 1

Análise físico-química 90

Análises microbiológicas 8, 30, 36, 40, 42, 61, 62, 64, 80, 82, 203

Antioxidantes 6, 11, 14, 108, 110, 113, 115, 140, 152, 154, 172, 174, 175, 177, 178, 179, 180, 188, 193, 194, 200, 202, 228, 319

Antropoentomofagia 77, 78

Atividade antioxidante 90

Atividade de água 1, 2, 33, 36, 38, 39, 40, 41, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 65, 71, 85, 86, 87, 88, 118, 123, 124, 163, 165

Avaliação 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 16, 17, 26, 27, 34, 35, 36, 40, 43, 45, 53, 54, 55, 57, 59, 69, 73, 85, 86, 101, 124, 126, 142, 158, 170, 172, 177, 179, 200, 203, 206, 207, 211, 216, 223, 230, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 276, 288, 293, 317, 318

Azeitona 85, 86, 87, 88

C

Café instantâneo 54

Coconut sprout 18, 19, 21, 22, 23

Cogumelo do sol 6, 7, 16, 158

Cogumelos medicinais 6, 11

Compostos bioativos 99, 160, 188, 189, 190, 195, 203

Contaminação microbiológica 27, 42, 84, 200

E

Efeito antimicrobiano 6, 13, 15, 210, 214

Espinha em Y 59

F

Farinha 46, 65, 66, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 80, 81, 126, 197, 198, 200, 202, 203, 206, 240

Fenólicos 11, 96, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 172, 174, 176, 177, 178, 179, 180, 188, 191, 192, 193, 194, 200, 201, 202, 205

Flor comestível 108

H

Hidroximetilfurfural 1, 2, 4

I

Impacto ambiental 59, 60, 204

L

Lactobacilli 18, 19, 20, 21, 22, 23, 316

M

Microbiologia 15, 16, 17, 23, 24, 29, 34, 43, 44, 45, 49, 52, 53, 61, 80, 138, 216

Morango 90

Musa spp 117, 119

O

Ômega 77, 81

Orgânico 90, 97, 188, 189

P

Pereskia aculeata 65, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 115

Plantas medicinais 16, 105, 108, 179, 195

Pós colheita 117

Produtos naturais 7, 99, 108, 109, 173

Propriedades tecnológicas 65, 66, 71, 205

Proteína 17, 69, 72, 77, 78, 79, 80, 81, 83, 142, 154, 169, 187, 199, 200, 204, 237, 239, 240, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248

Q

Qualidade alimentar 36

Queijo colonial 26, 27, 29, 30, 32, 33, 34

R

Rosa x grandiflora Hort. 108, 109, 110

S

Secagem 10, 52, 54, 56, 57, 65, 69, 71, 80, 111, 118, 119, 124, 125, 126, 127, 166, 174, 199, 207, 293

Segurança alimentar 34, 43, 59, 77, 83, 117, 124, 126

Spray-dryer 54, 316

Sustentabilidade 59

T

Tangerina 90

Tecnologia de alimentos 33, 43, 44, 54, 76, 85, 96, 97, 114, 117, 125, 126, 127, 170, 171, 206, 207, 208, 228, 249, 317, 319

Teste acelerado 45

Timol 98, 99, 103, 104, 105

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-7247-699-7



9 788572 476997