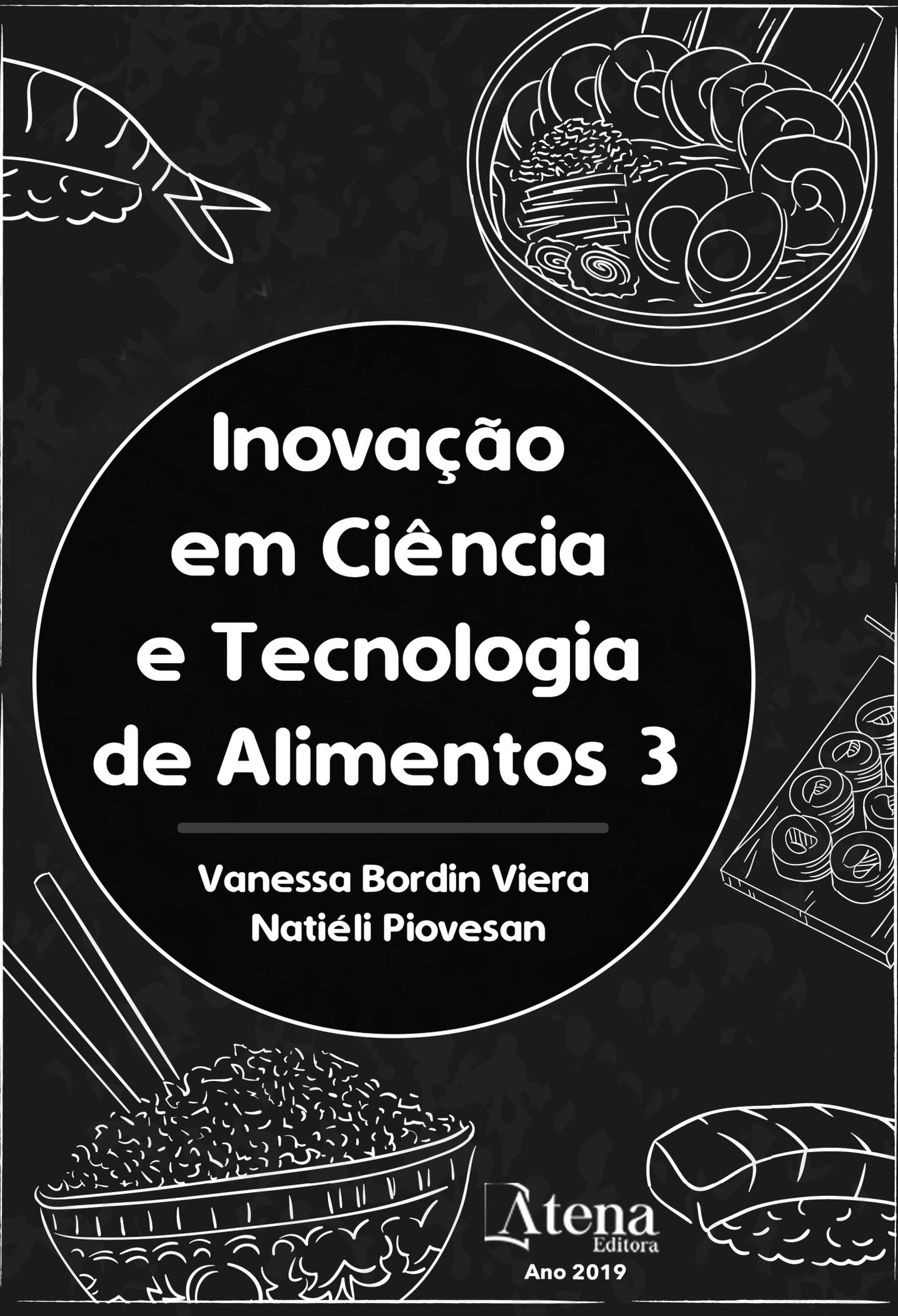


Inovação em Ciência e Tecnologia de Alimentos 3

**Vanessa Bordin Viera
Natiéli Piovesan**

Atena
Editora
Ano 2019



Inovação em Ciência e Tecnologia de Alimentos 3

**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 3 [recurso eletrônico] / Organizadoras Vanessa Bordin Viera, Natiéli Piovesan. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Inovação em Ciência e Tecnologia de Alimentos; v. 3)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia. ISBN 978-85-7247-698-0 DOI 10.22533/at.ed.980190910</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 24 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

BIOGERAÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS A PARTIR DE CULTIVO FOTOAUTOTRÓFICO DE *Chlorella vulgaris*

Patrícia Acosta Caetano
Pricila Nass Pinheiro
Adrieni Santos de Oliveira
Paola Lasta
Patricia Arrojo da Silva
Karem Rodrigues Vieira
Mariana Manzoni Maroneze
Andriéli Borges Santos
Roger Wagner
Eduardo Jacob Lopes
Leila Queiroz Zepka

DOI 10.22533/at.ed.9801909101

CAPÍTULO 2 9

EFEITO DAS FASES DO CRESCIMENTO CELULAR E DO FOTOPERÍODO NA LIPIDÔMICA DE *SCENEDESMUS OBLIQUUS*

Raquel Guidetti Vendruscolo
Mariane Bittencourt Fagundes
Mariana Manzoni Maroneze
Eduardo Jacob-Lopes
Roger Wagner

DOI 10.22533/at.ed.9801909102

CAPÍTULO 3 20

PRODUÇÃO DE BENZOTIAZOLEM CULTIVO HETEROTRÓFICO MICROALGAL POR *PHORMIDIUM AUTUMNALE*

Patrícia Acosta Caetano
Adrieni Santos de Oliveira
Paola Lasta
Patricia Arrojo da Silva
Pricila Nass Pinheiro
Karem Rodrigues Vieira
Andriéli Borges Santos
Roger Wagner
Leila Queiroz Zepka
Eduardo Jacob Lopes

DOI 10.22533/at.ed.9801909103

CAPÍTULO 4 28

PRODUÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS A PARTIR DE MICROALGAS CULTIVADAS EM ÁGUA RESIDUÁRIA

Pricila Nass Pinheiro
Adrieni Santos de Oliveira
Paola Lasta
Patricia Arrojo da Silva
Patrícia Acosta Caetano
Karem Rodrigues Vieira
Andriéli Borges Santos
Roger Wagner
Eduardo Jacob-Lopes
Leila Queiroz Zepka

DOI 10.22533/at.ed.9801909104

CAPÍTULO 5 36

A CERVEJA E OS PRINCIPAIS CEREAIS UTILIZADOS EM SUA FABRICAÇÃO

Natália Viviane Santos de Menezes
Maryana Monteiro Farias
Aline Almeida da Silva
Cristiano Silva da Costa
Amanda Rodrigues Leal
Jéssica Cyntia Menezes Pitombeira
Cícera Alyne Lemos Melo
Theresa Paula Felix da Silva Meireles
Sansão Lopes de Moraes Neto
Lia Mara de Oliveira Pontes
Indira Cely da Costa Silva

DOI 10.22533/at.ed.9801909105

CAPÍTULO 6 48

ADITIVOS PREBIÓTICOS E PROBIÓTICOS NA ALIMENTAÇÃO DE PEIXES - IMPLICAÇÕES E ALTERAÇÕES NA MICROBIOTA E HISTOLOGIA DO TRATO DIGESTÓRIO

Bruna Tomazetti Michelotti
Ana Carolina Kohlrausch Klinger
Bernardo Baldisserotto

DOI 10.22533/at.ed.9801909106

CAPÍTULO 7 53

ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA SOJA E UM DE SEUS PRINCIPAIS PRODUTOS, O EXTRATO DE SOJA

José Marcos Teixeira de Alencar Filho
Andreza Marques Dourado
Leonardo Fideles de Souza
Valderez Aparecida Batista de Oliveira
Pedrita Alves Sampaio
Emanuella Chiara Valença Pereira
Isabela Araujo e Amariz
Morganna Thinesca Almeida Silva

DOI 10.22533/at.ed.9801909107

CAPÍTULO 8	62
APLICAÇÕES BIOTECNOLÓGICAS DO SORO DE QUEIJO	
Adriana Aparecida Bosso Tomal Maria Thereza Carlos Fernandes Alessandra Bosso Ariane Bachega Hélio Hiroshi Suguimoto	
DOI 10.22533/at.ed.9801909108	
CAPÍTULO 9	73
ENZIMAS INDUSTRIAIS E SUA APLICAÇÃO NA AVICULTURA	
Felipe Dilelis de Resende Sousa Túlio Leite Reis	
DOI 10.22533/at.ed.9801909109	
CAPÍTULO 10	85
ESTRATÉGIAS DE DESMISTIFICAÇÃO E INDUSTRIALIZAÇÃO DA CARNE DE COELHO NO PAÍS	
Ana Carolina Kohlrausch Klinger	
DOI 10.22533/at.ed.98019091010	
CAPÍTULO 11	91
PEPTÍDEOS BIOATIVOS NO DESENVOLVIMENTO DE FILMES ATIVOS E BIODEGRADÁVEIS PARA ALIMENTOS	
Josemar Gonçalves Oliveira Filho Heloisa Alves de Figueiredo Sousa Edilsa Rosa da Silva Mariana Buranelo Egea	
DOI 10.22533/at.ed.98019091011	
CAPÍTULO 12	103
PERSPECTIVAS DE APLICAÇÃO DE SOFOROLIPÍDIO MICROBIANO NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS	
Christiane Aparecida Urzedo de Queiroz Victória Akemi Itakura Silveira Amanda Hipólito Maria Antonia Pedrine Colabone Celligoi	
DOI 10.22533/at.ed.98019091012	
CAPÍTULO 13	115
POTENCIAL ECONÔMICO DOS SUB-PRODUTOS PROVENIENTES DA INDÚSTRIA DE PESCADO: ESTUDO DE CASO DA FILETAGEM DE PEIXE NUMA EMPRESA LOCALIZADA NO MUNICÍPIO DE VIGIA-PA	
Maurício Madson dos Santos Freitas Marielba de los Ángeles Rodríguez Salazar Mirelle de Oliveira Moreira Geormenny Rocha dos Santos Nádia Cristina Fernandes Correa	
DOI 10.22533/at.ed.98019091013	

CAPÍTULO 14 133

RESISTÊNCIA ANTIMICROBIANA DE *Listeria monocytogenes* ISOLADAS DE DERIVADOS LÁCTEOS E PRODUTOS CÁRNEOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Luciana Furlaneto Maia
Michely Biao Quichaba
Tailla Francine Bonfim

DOI 10.22533/at.ed.98019091014

CAPÍTULO 15 144

SCOBY (SYMBIOTIC CULTURE OF BACTERIA AND YEAST): TENDÊNCIAS EM SUCOS E EXTRATOS VEGETAIS

Daiane Costa dos Santos
Isabelle Bueno Lamas
Josemar Gonçalves Oliveira Filho
Mariana Buranelo Egea

DOI 10.22533/at.ed.98019091015

CAPÍTULO 16 157

TOXINFEÇÕES ALIMENTARES VIRAIS: CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS VÍRUS, PREVENÇÃO, TRATAMENTO E MÉTODOS CLÍNICOS DE DIAGNÓSTICO LABORATORIAL POR QRT-PCR E BIOSSENSORES

Karina Teixeira Magalhães-Guedes

DOI 10.22533/at.ed.98019091016

CAPÍTULO 17 170

USO DE CULTURAS PROBIÓTICAS EM PRODUTOS CÁRNEOS FERMENTADOS

Nayane Valente Batista
Ana Indira Bezerra Barros Gadelha
Fernanda Keila Valente Batista
Ísis Thamara do Nascimento Souza
Jéssica Taiomara Moura Costa Bezerra de Oliveira
Marcia Marcila Fernandes Pinto
Nicolas Lima Silva
Palloma Vitória Carlos de Oliveira
Scarlett Valente Batista
Vitor Lucas de Lima Melo

DOI 10.22533/at.ed.98019091017

CAPÍTULO 18 180

AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE RESTO-INGESTA EM RESTAURANTE INSTITUCIONAL NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO – BRASIL

Elvis Pantaleão Ferreira
Maria do Carmo Freitas Nascimento
Patricia Fabris
Barbara Gomes da Silva
Fabiana da Costa Krüger
Maria Veronica Freitas Nascimento

DOI 10.22533/at.ed.98019091018

CAPÍTULO 19 188

AVALIAÇÃO DO PERFIL NUTRICIONAL DOS PACIENTES EM TRATAMENTO DE UM CENTRO DE ESPECIALIDADES EM ONCOLOGIA DE FORTALEZA-CE

Danielle Maria Freitas de Araújo
Débora Mendes Rodrigues
Rute Mattos Dourado Esteves Justa
André Penha Aguiar
Carolyne Neves Moreira
Fátima Virgínia Gama Justi
Juan de Sá Roriz Caminha
Gabriella Araújo Matos
Leonardo Lobo Saraiva Barros
Ronaldo Pereira Dias
Cássia Rodrigues Roque
Daniel Vieira Pinto
Cristhyane Costa Aquino

DOI 10.22533/at.ed.98019091019

CAPÍTULO 20 199

ESTADO NUTRICIONAL MATERNO E INDICADORES NUTRICIONAIS ASSOCIADOS AO PESO AO NASCER EM UM HOSPITAL DE REFERÊNCIA

Joana Géssica de Albuquerque Diniz
Hugo Demesio Maia Torquato Paredes
Alice Bouskelá
Camilla Medeiros Macedo da Rocha
Flavia Farias Lima
Fernanda Amorim de Moraes Nascimento Braga
Maria Fernanda Larcher de Almeida
Cleber Nascimento do Carmo
Jane de Carlos Santana Capelli

DOI 10.22533/at.ed.98019091020

CAPÍTULO 21 213

IMC DE PRÉ-PÚBERES DAS REDES DE ENSINO PÚBLICA E PRIVADA EM VITÓRIA DA CONQUISTA, BA, BRASIL

Taylan Cunha Meira
Ivan Conrado Oliveira
Diego Moraes Leite
Everton Almeida Sousa
Carlos Alberto de Oliveira Borges
Thiago Macedo Lopes Correia
Luciano Evangelista dos Santos Filho
Grazielle Prates Lourenço dos Santos Bittencourt

DOI 10.22533/at.ed.98019091021

CAPÍTULO 22 221

IMPLANTAÇÃO DE BOAS PRÁTICAS DE FABRICAÇÃO EM AGROINDÚSTRIAS QUE PRODUZEM PANIFICADOS E FORNECEM PARA A ALIMENTAÇÃO ESCOLAR

Carla Cristina Bauermann Brasil
Camila Patricia Piuco

DOI 10.22533/at.ed.98019091022

CAPÍTULO 23	233
PADRONIZAÇÃO DO PROCEDIMENTO DE COLETA DE AMOSTRAS DE ALIMENTOS PREPARADOS EM UMA INSTITUIÇÃO DE LONGA PERMANÊNCIA PARA IDOSOS	
Andrieli Teixeira Corso	
Carla Cristina Bauermann Brasil	
Daiane Policena dos Santos	
Emanuelli Bergamaschi	
Fernanda Copatti	
Larissa Santos Pereira	
Tauani Lardini Tonietto	
Kellyani Souto Peixoto	
DOI 10.22533/at.ed.98019091023	
CAPÍTULO 24	241
SABOR, SAÚDE E PRAZER COM CHIA E LINHAÇA: PREPARAÇÕES SIMPLES E PRÁTICAS PARA O CARDÁPIO	
Lilia Zago	
Carolyne Pimentel Rosado	
Andreia Ana da Silva	
Natalia Soares Leonardo Vidal	
DOI 10.22533/at.ed.98019091024	
CAPÍTULO 25	257
PERFIL LIPÍDICO DA POLPA E ÓLEO DA MACAÚBA (<i>Acrocomia Aculeata</i>) DO CARIRI CEARENSE	
Yoshihide Oliveira de Souza	
Guilherme Álvaro Rodrigues Maia Esmeraldo	
DOI 10.22533/at.ed.98019091025	
SOBRE AS ORGANIZADORAS	261
ÍNDICE REMISSIVO	262

CAPÍTULO 1

BIOGERAÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS A PARTIR DE CULTIVO FOTOAUTOTRÓFICO DE *Chlorella vulgaris*

Patrícia Acosta Caetano

Universidade Federal de Santa Maria,
Departamento de Ciência e Tecnologia em
Alimentos
Santa Maria - RS

Pricila Nass Pinheiro

Universidade Federal de Santa Maria,
Departamento de Ciência e Tecnologia em
Alimentos
Santa Maria - RS

Adrieni Santos de Oliveira

Universidade Federal de Santa Maria,
Departamento de Ciência e Tecnologia em
Alimentos
Santa Maria - RS

Paola Lasta

Universidade Federal de Santa Maria,
Departamento de Ciência e Tecnologia em
Alimentos
Santa Maria - RS

Patricia Arrojo da Silva

Universidade Federal de Santa Maria,
Departamento de Ciência e Tecnologia em
Alimentos
Santa Maria - RS

Karem Rodrigues Vieira

Universidade Federal de Santa Maria,
Departamento de Ciência e Tecnologia em
Alimentos
Santa Maria - RS

Mariana Manzoni Maroneze

Universidade Federal de Santa Maria,

Departamento de Ciência e Tecnologia em
Alimentos
Santa Maria - RS

Andriéli Borges Santos

Universidade Federal de Santa Maria,
Departamento de Ciência e Tecnologia em
Alimentos
Santa Maria - RS

Roger Wagner

Universidade Federal de Santa Maria,
Departamento de Ciência e Tecnologia em
Alimentos
Santa Maria - RS

Eduardo Jacob Lopes

Universidade Federal de Santa Maria,
Departamento de Ciência e Tecnologia em
Alimentos
Santa Maria - RS

Leila Queiroz Zepka

Universidade Federal de Santa Maria,
Departamento de Ciência e Tecnologia em
Alimentos
Santa Maria - RS

RESUMO: As microalgas são uma fonte potencial de biomoléculas de interesse comercial devido ao seu perfil metabólico diversificado, capaz de sintetizar diferentes classes de compostos orgânicos. Como resultado, o trabalho avaliou a produção de compostos orgânicos voláteis com

descriptor de odor por *Chlorella vulgaris* em cultivo fotoautotrófico. Os experimentos foram realizados em biorreatores operando em modo descontínuo, alimentados com 2,0 L de meio sintético BG-11. As condições experimentais foram as seguintes: concentração celular inicial de 100 mg.L⁻¹, reator isotérmico operando a uma temperatura de 26°C, densidade de fluxo de fótons de 150 μmol m⁻².s⁻¹ e aeração contínua de 1VVM (volume de ar por volume de cultura por minuto) com a injeção de ar enriquecido com 15% de dióxido de carbono. Os compostos voláteis foram isolados por microextração em fase sólida aplicada em *headspace* a cada 24 horas durante 144 horas, separados por cromatografia gasosa e identificados por espectrometria de massas (HS-SPME-GC/MS). As principais biomoléculas encontradas foram álcoois (hexanol, 2-etilhexanol), aldeídos (hexanal, 2,4-decadienal), cetonas (acetofenona, carvona, β-ionona), terpenos (limoneno) e sulfurados (benzotiazol). O descriptor de odor dos compostos detectados nos experimentos foi principalmente classificado como frutado, verde, hortelã e floral. Em conclusão, os resultados mostraram que o cultivo fototrófico da *Chlorella vulgaris* pode ser um potencial biotecnológico para produzir aromas naturais.

PALAVRAS-CHAVE: microalgas, biomoléculas, fotoautotrófica

BIOGENERATION OF VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS BY *Chlorella vulgaris* IN PHOTOAUTOTROPHIC CULTIVATION

ABSTRACT: Microalgae are a potential source of biomolecules of commercial interest due to their diversified metabolic profile, able to synthesize different classes of organic compounds. As a result, the work evaluated the production of volatile organic compounds with odor descriptor by *Chlorella vulgaris* in photoautotrophic cultivation. The experiments were carried out in bioreactors operating on batch mode, fed with 2.0 L synthetic BG-11 medium. The experimental conditions were as follows: initial cell concentration of 100 mg.L⁻¹, isothermal reactor operating at a temperature of 26°C, photon flux density of 150 μmol m⁻².s⁻¹ and continuous aeration of 1VVM (volume of air per volume of culture per minute) with the injection of air enriched with 15% carbon dioxide. The volatile compounds were isolated by solid phase microextraction applied in headspace every 24 hours during 144 hours, separated by gas chromatography and identified by mass spectrometry (HS-SPME-GC/MS). The main chemical biomolecules were alcohols (hexanol, 2-ethylhexanol), aldehydes (hexanal, 2,4-decadienal), ketones (acetophenone, carvone, β-ionone), terpenes (limonene) and sulfur compounds (benzothiazole). The descriptor flavor of the compounds detected in experiments was mainly classified fruity, green, mint, and flowers. In conclusion, the results have shown that the phototrophic cultivation of the *Chlorella vulgaris* can be a potential biotechnological to produce natural flavors.

KEYWORDS: microalgae, biomolecules, photoautotrophic

1 | INTRODUÇÃO

As microalgas são organismos funcionalmente diversificados, são na sua maioria eucarióticos, aquáticos e fotossintéticos. Devido essa diversidade, esses microrganismos têm sido amplamente estudados (MARONEZE et al., 2016). Elas representam uma enorme biodiversidade da qual cerca de 40.000 já estão identificadas e/ou analisadas (HU et al., 2008).

A *Chlorella vulgaris*, é uma microalga unicelular que cresce em água doce que vem sendo amplamente estudada devido seu alto valor lipídico e proteico, também pela facilidade de cultivo utilizando nutrientes baratos com uma alta produtividade de biomassa (SAFI et al., 2014).

Dependendo das espécies, cultura e condições ambientais, as microalgas são capazes de produzir uma variedade de compostos orgânicos voláteis (COVs) (YE et al., 2018). A identificação detalhada de tais compostos é muito importante por causa de seus impactos diretos nas propriedades de aroma do produto final enriquecido com biomassa de microalgas (SANTOS et al., 2016).

O crescente interesse em produtos naturais estimula o desenvolvimento de tecnologias que empregam microrganismos, incluindo as microalgas, capazes de produzir compostos específicos (VIEIRA et al., 2019). Nesse sentido, o objetivo desse estudo foi avaliar a biogeração de compostos orgânicos voláteis com descritores de odor a partir do cultivo fototrófico de *Chlorella vulgaris*.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Microalga e Meio de Cultura

Culturas axênicas de *Chlorella vulgaris* (CPCC90) foram utilizadas durante o estudo. As culturas em estoque foram mantidas e propagadas em meio BG11 (meio Braun-Grunow) (RIPPKA et al., 1979). As condições de incubação foram: temperatura de 25°C, densidade de fluxo de fótons de 15 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, e fotoperíodo de 12h.

2.2 Condições Experimentais

O experimento foi realizado em um fotobiorreator de coluna de bolhas (MARONEZE et al., 2016), operando sob regime de batelada, alimentado com 2L de meio BG11. As condições iniciais foram: concentração do inóculo de 100 mg.L^{-1} , temperatura constante de 26°C, uma densidade de fluxo de fótons de 15 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ e aeração contínua de 1VVM (volume de ar por volume de meio por minuto) com ar enriquecido com 15% de dióxido de carbono.

2.3 Métodos analíticos

2.3.1 Isolamento dos compostos orgânicos voláteis

Os compostos voláteis foram isolados da matriz por meio de microextração em fase sólida do *headspace* do biorreator (HS-SPME) com fibra de divinilbenzeno/carboxeno/polidimetilsiloxano (DVB/Car/PDMS) (50/30 μm de espessura de película \times 20 mm; Supelco, Bellefonte, PA). Cada porção de 10mL de amostra foi colocada em um frasco contendo 3 g de NaCl e 10 μL de uma solução padrão interno de 3-octanol foi adicionado. A fibra de SPME foi exposta no *headspace* do frasco contendo a amostra durante 45 min a 40°C, sob agitação constante (400 rpm) com uma barra de agitação magnética. Após esse período, a fibra foi removida do frasco e submetida à análise cromatográfica. O procedimento analítico foi realizado duas vezes e em duplicata. Portanto, os dados referem-se ao valor médio de quatro repetições (SANTOS et al., 2016).

2.3.2 Análise GC/MS

Os compostos voláteis foram analisados em um cromatógrafo a gás Shimadzu QP 2010 Plus acoplado a um espectrômetro de massa (Shimadzu, Kyoto, Japão). A fibra foi dessorvida termicamente por 10 min em um injetor split/splitless, operando no modo sem divisor (1,0 min divisor desligado) a 250 °C. O hélio foi utilizado como gás carreador a uma vazão constante de 1,6 mL.min⁻¹. Os analitos foram separados em uma coluna capilar de sílica fundida DB-Wax, com 60 m de comprimento, 0,25 mm id e espessura de filme de 0,25 μm (Chrompack Wax 52-CB). A temperatura inicial da coluna foi ajustada a 35°C por 5 min, seguido por um aumento linear de 5°C.min⁻¹ a 250°C, e esta temperatura foi mantida por 5 min. O detector MS foi operado em modo de ionização por impacto de elétrons +70 eV e os espectros de massa obtidos por varredura variaram de m/z 35 a 350. Os compostos voláteis foram identificados por uma comparação de espectros MS experimentais com a biblioteca informatizada (NIST MS Search). Além disso, o índice de retenção linear (LRI) foi calculado para cada composto volátil usando os tempos de retenção de uma mistura padrão de séries homólogas de parafinas (C6-C24) para auxiliar na identificação (ACREE E ARN, 2019).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um total de 12 compostos orgânicos voláteis (aldeídos, álcoois, cetonas e sulfurado) com diferentes descritores de odores foram encontrados no cultivo fototrófico de *Chlorella vulgaris* e estão apresentados na Tabela 1. Dentre as classes químicas encontradas, benzotiazol (27,95%), 2-etilhexanol (12,46%) e 2,4-decadienal

(11,08%) foram os principais compostos identificados. Dos 16 compostos, 5 (hexanal, 6-metil-5-hepten-2-ona, hexanol, geranilacetona e β -ionona) e já foram descritos em outros estudos sobre a produção volátil da microalga (DURME et al., 2013; HOSOGLU, 2018).

Composto	LRI*	Descrição de odor	Área relativa (%)
hexanal	1084	grama, gordura	1,73
limoneno	1182	limão, cítrico	0,18
1,8-cineol	1193	especiarias, pungente	0,34
6-metil-5-hepten-2-ona	1327	nd*	1,73
hexanol	1360	flores, verde	1,80
2-etilhexanol	1487	rosa, verde	12,46
mentol	1642	menta	5,87
acetofenona	1645	flores, amêndoas	1,07
2,4-decadienal	1710	algas, gordura	11,08
geranilacetona	1840	flores, verde	4,07
benzotiazol	1896	borracha	27,95
β -ionona	1912	flores, frutas	1,93
Outros Compostos			29,79
Total			100

Tabela 1. Compostos orgânicos voláteis produzidos por *Chlorella vulgaris* em reator fototrófico. A descrição de odor apresentada foi extraída da literatura em comparação ao nome do composto, coluna cromatográfica e índice de retenção (ACREE E ARN, 2019).

*não descrito.

As microalgas são consideradas uma fonte potencialmente nova e valiosa de compostos biologicamente ativos para aplicações em vários setores da biotecnologia (LAURITANO et al., 2018). Berger (2009) relatou que aromas obtidos através de microrganismos podem competir com as fontes tradicionais. A elucidação das vias metabólicas, precursores e a aplicação da bioengenharia já resultaram em mais de 100 compostos aromáticos comerciais derivados da biotecnologia.

A β -ionona, geranilacetona e limoneno estão entre os principais terpenóides encontrados nos compostos orgânicos voláteis de microalgas. O limoneno quando possui uma alta produção, podem apresentar efeito inibitório sobre o crescimento das microalgas por induzir a degradação do pigmento fotossintético e conseqüentemente o declínio da capacidade fotossintética (ZHOU et al., 2016).

Na Figura 1 estão apresentados os compostos voláteis derivados da degradação de carotenoides (β -ionona, geranilacetona e 6-metil-5-hepten-2-ona) são classificados como odores frutados e florais, podendo contribuir positivamente no aroma da biomassa da microalga (ZUO, 2019). A presença destes compostos se deve a alta concentração de carotenoides na biomassa da *C. vulgaris* (PATIAS et al., 2017).

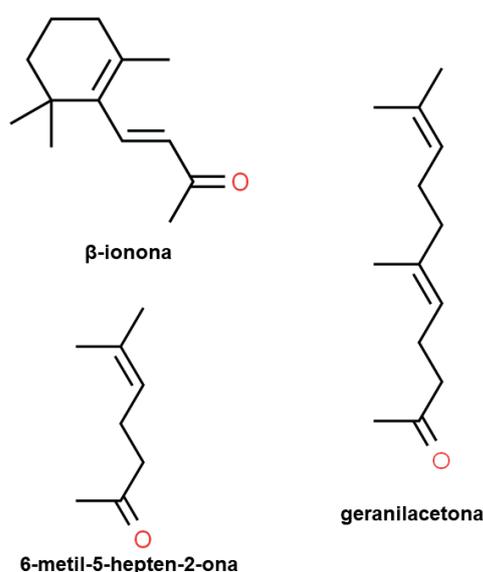


Figura 1. Compostos derivados da degradação de carotenoides.
(Fonte: Chempider – Royal Society of Chemistry).

Derivados de lipídios, como aldeídos e álcoois, contribuem significativamente para a característica do aroma das microalgas, com isso o controle da oxidação lipídica deve ser recomendado (DURME et al., 2013; HOSOGLU, 2018). Os aldeídos, devido seu baixo limiar de odor, podem contribuir substancialmente para aromas desejáveis (notas verdes) e indesejáveis (gordura) (CZERNY et al., 2008; ZUO, 2019). Já o benzotiazol, que foi o composto de maior área encontrado, ele é derivado da degradação enzimática de aminoácidos, não possui um descritor de odor desejável, mas é muito utilizado nas indústrias químicas e farmacêuticas (VIEIRA et al., 2019; SRIVASTAVA et al., 2019).

Os avanços na biotecnologia de microalgas são o começo da produção microbiana como um meio viável de síntese bioquímica, emergindo como um meio alternativo para produção flexível, eficiente e de baixo impacto para produzir uma variedade de compostos voláteis industrialmente relevantes. Esta é uma ferramenta importante para avaliação de seus benefícios potenciais em diferentes aplicações.

4 | CONCLUSÃO

A maioria dos voláteis encontrados contribuem positivamente para o aroma do reator microalgal, e são derivados principalmente de ácidos graxos e carotenoides. No entanto, somente a análise qualitativa não será suficiente para saber o seu real potencial biotecnológico na produção de compostos voláteis, pesquisas adicionais sobre o perfil de compostos orgânicos voláteis são necessárias para investigar mais amostras de espécies de microalgas, a fim de identificar os melhores candidatos potenciais para uso em uma nova geração de alimentos, rações, biocombustíveis,

produtos farmacêuticos e matéria-prima para química fina.

REFERÊNCIAS

ACREE, T.; ARN, H. (2019) **Flavornet and human odor space**. Disponível em: <<http://www.flavornet.org>> Acesso em: 28 jul. 2019.

BERGER, R.G. **Biotechnology of flavours - the next generation**. Biotechnology Letters, v. 31, p. 1651–1659, 2009.

CZERNY, M.; CHRISTLBAUER, M.; CHRISTLBAUER, M.; FISCHER, A.; GRANVOGL, M.; HAMMER, M.; HARTL, C.; HERNANDEZ, N.M.; SCHIEBERLE, P. **Re-investigation on odor thresholds of key food aroma compounds and development of an aroma language based on odor qualities of defined aqueous odorant solutions**. European Food Research and Technology, v. 228, p.265–273, 2008.

DURME, J. V.; GOIRIS, K.; DE WINNE, A.; DE COOMAN, L.; MUYLAERT, K. **Evaluation of the volatile composition and sensory properties of five species of microalgae**. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v.61, p.10881-10890, 2013.

HOSOGLU, M. I. **Aroma characterization of five microalgae species using solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry/olfactometry**. Food Chemistry, v. 240, p.1210-1218, 2018.

HU, Q.; SOMMERFELD, M.; JARVIS, E.; GHIRARDI, M.; POSEWITZ, M.; SEIBERT, M.; Uma, D. **Microalgal triacylglycerols as feedstocks for biofuel production: perspectives and advances**. The Plant Journal, v. 54, p. 621–39, 2008.

LAURITANO, C.; MARTIN, J.; CRUZ, M.; REYES, F.; ROMANO, G.; LANORA, A. **First identification of marine diatoms with anti-tuberculosis activity**. Scientific Reports, v. 8, p.1–10, 2018.

MARONEZE, M.M.; SIQUEIRA, S.F.; VENDRUSCULO, R.G.; WAGNER, W.; MENEZES, C.R.; ZEPKA, L.Q.; JACOB-LOPES, E. **The role of photoperiods on photobioreactors – A potential strategy to reduce costs**. Bioresource Technology, v. 219, p. 493–499, 2016

PATIAS, L.D.; FERNANDES, A.S.; PETRY, F.C.; MERCADANTE, A.Z.; JACOB-LOPES, E.; ZEPKA, L.Q. **Carotenoid profile of three microalgae/cyanobacteria species with peroxy radical scavenger capacity**. Food Research International, v. 100, p. 260–266, 2017.

RIPPKA, R., DERUELES, J., WATERBURY, J.B., HERDMAN, M., STANIER, R.Y. **Generic Assignments Strain Histories and Properties of Pure Cultures of Cyanobacteria**. Journal of General and Microbiology, v. 111, p. 1-61, 1979.

SAFI, C.; ZEBIB, B.; MERAH, O.; PONTALIER, P.Y.; VACA-GARCIA, C. **Morphology, composition, production, processing and applications of *Chlorella vulgaris*: A review**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 35, p. 265–278, 2014.

SANTOS, A.B.; FERNANDES, A.S.; WAGNER, R.; JACOB-LOPES, E.; ZEPKA, L.Q. **Biogeneration of Volatile Organic Compounds Produced by *Phormidium Autumnale* In Heterotrophic Bioreactor**. Journal of Applied Phycology, v. 60, p. 32-42, 2016.

SRIVASTAVA, A., MISHRA, A.P., CHANDRA, S., BAJPAI, A. **Benzothiazole derivative: a review on its pharmacological importance towards synthesis of lead**. Pranveer Singh Institute of Technology, v. 10(4), p. 1553-1566, 2019.

VIEIRA, K.R., PINHEIRO, P.N., SANTOS, A.B., CICHOSKI, A.J., MENEZES, C.R., WAGNER, R., ZEPKA, L.Q., JACOB-LOPES, E. **The role of microalgae-based systems in the dynamics of odors**

compounds in the meat processing industry. Desalination and water treatment, v. 150, p. 282-292, 2019.

YE, C.; YANG, Y.; XU, Q.; YING, B.; ZHANG, M.; GAO, B.; NI, B.; YAKEFU, Z.; BAI, Y.; ZUO, Z. **Volatile organic compound emissions from *Microcystis aeruginosa* under different phosphorus sources and concentrations.** Phycological Research, v. 66, p. 15–22, 2018.

ZHOU, L. V.; CHEN, J.; XU, J.; LI, Y.; ZHOUA, C; YAN, X. **Change of volatile components in six microalgae with different growth phases.** Journal of the Science of Food and Agriculture, 97,3, p.761-769, 2016.

ZUO, Z. **Why Algae Release Volatile Organic Compounds—The Emission and Roles.** Frontiers in Microbiology, v. 10, p. 491-498, 2019.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Ácidos graxos 6, 9, 10, 13, 16, 19, 41, 54, 55, 106, 118, 121, 241, 242, 243, 259

Água residuária 20, 21, 22, 25, 28, 30

Alimentos 1, 6, 9, 11, 17, 19, 20, 28, 30, 36, 42, 44, 45, 46, 47, 50, 53, 54, 55, 58, 59, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 71, 78, 81, 86, 91, 92, 93, 95, 96, 97, 98, 103, 104, 105, 107, 108, 109, 110, 111, 115, 121, 126, 133, 134, 135, 136, 140, 141, 145, 148, 154, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 185, 186, 187, 215, 220, 221, 222, 223, 224, 229, 230, 231, 233, 234, 235, 236, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 247, 256, 258, 259, 261

Alimentos funcionais 54, 55, 61, 62, 63, 67, 104, 170, 175, 241, 242, 243

Antimicrobiano 103, 105, 108, 109, 110, 139, 140, 175

B

Benzoatiazol 21

Biocompostos 91

Biomoléculas 1, 2, 20, 33

C

Cepas probióticas 67, 68, 170, 174, 175, 176

Cereais 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 77

Cerveja 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 45, 46, 47, 148, 149, 150

Composição centesimal 53, 54, 55, 59, 60, 118, 119, 128

Compostos orgânicos voláteis 1, 3, 4, 5, 6, 21, 22, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 148

Compostos voláteis 2, 4, 5, 6, 21, 22, 23, 29, 31, 32, 33, 34

Contaminação de alimentos 133, 167

Cunicultura 85, 86, 88, 89, 90

D

Desenvolvimento de novos produtos 55, 120, 144, 156, 261

E

Embalagens ativas 91, 97, 122

Emulsificante 63, 103, 104, 107, 110

Enzimas 39, 41, 43, 44, 48, 49, 50, 63, 64, 65, 73, 74, 75, 76, 77, 79, 80, 81, 82, 91, 92, 93, 95, 96, 173, 174

F

Fator antinutricional 73, 76, 78

Fermentação 37, 38, 39, 40, 43, 66, 145, 147, 148, 150, 151, 152, 153, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176

Fitase 73, 74, 75, 76

Fotoautotrófica 2, 21

G

Galactooligossacarídeo 62, 63

K

Kefir 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 152, 153, 154, 155, 156, 177

Kombucha 144, 145, 146, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156

L

Lactase 62, 63, 65

Leite de soja 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 105

Lipídios 6, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 25, 41, 42, 54, 59, 60, 63, 64, 95, 96, 118, 257, 259

Listeriose 133, 134, 135, 140

M

Maltagem 37, 39

Microalgas 1, 2, 3, 5, 6, 9, 10, 11, 13, 16, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 28, 29, 30, 33

Morfologia 48, 50

N

Nutrição animal 48, 73, 74, 75, 78

O

Ômega-3 10, 11, 15, 17, 118, 241

P

Phormidium autumnale 7, 20, 21, 22, 25, 26, 28, 29, 30, 34

Piscicultura 48, 49

Potencial probiótico 144, 149, 171, 172

Produtos cárneos 85, 88, 105, 110, 133, 134, 135, 139, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178

Protease 73, 74, 80, 81, 82, 83, 92, 95

Pufa 9, 10, 15, 17

R

Resíduo agroindustrial 28, 29

Resistência à antibióticos 133

S

Soforolipídio 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110

Soja 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 77, 78, 79, 80, 81, 92, 96, 97, 98, 104, 105, 183, 252

Soro de queijo 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69

Starmerella bombicola 103, 106, 110

T

Tecnologia 1, 9, 20, 28, 36, 43, 45, 46, 47, 55, 61, 62, 65, 71, 85, 91, 115, 116, 133, 144, 172, 177, 178, 180, 213, 214, 218, 231, 240, 257, 259, 261

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-698-0



9 788572 476980