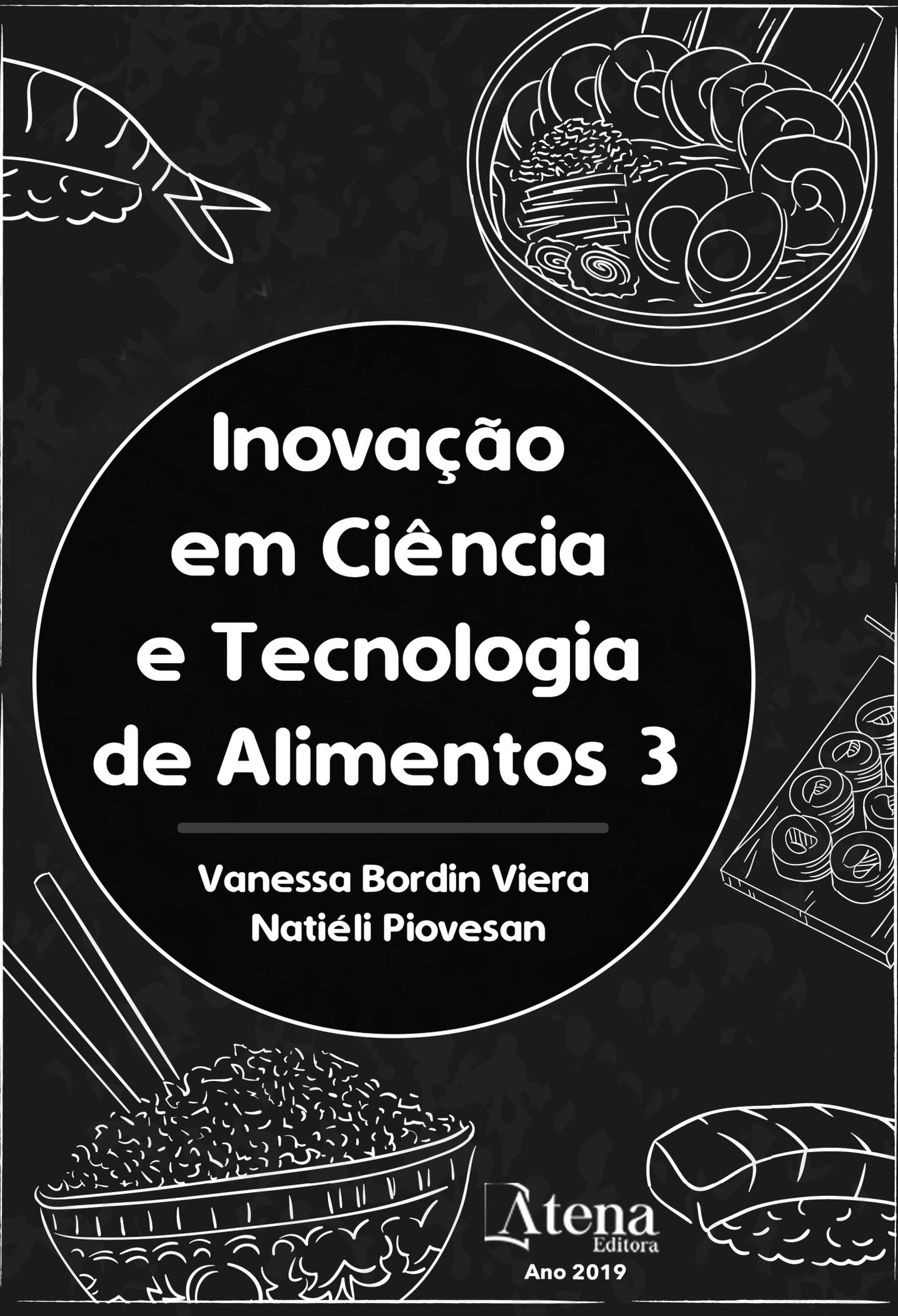


# Inovação em Ciência e Tecnologia de Alimentos 3

**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: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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**

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
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>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://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**

<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>62</b>
APLICAÇÕES BIOTECNOLÓGICAS DO SORO DE QUEIJO	
Adriana Aparecida Bosso Tomal Maria Thereza Carlos Fernandes Alessandra Bosso Ariane Bachega Hélio Hiroshi Suguimoto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9801909108</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>73</b>
ENZIMAS INDUSTRIAIS E SUA APLICAÇÃO NA AVICULTURA	
Felipe Dilelis de Resende Sousa Túlio Leite Reis	
<b>DOI 10.22533/at.ed.9801909109</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>85</b>
ESTRATÉGIAS DE DESMISTIFICAÇÃO E INDUSTRIALIZAÇÃO DA CARNE DE COELHO NO PAÍS	
Ana Carolina Kohlrausch Klinger	
<b>DOI 10.22533/at.ed.98019091010</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>91</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.98019091011</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>103</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.98019091012</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>115</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.98019091013</b>	

<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>133</b>
RESISTÊNCIA ANTIMICROBIANA DE <i>Listeria monocytogenes</i> ISOLADAS DE DERIVADOS LÂCTEOS E PRODUTOS CÂRNEOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA	
Luciana Furlaneto Maia Michely Biao Quichaba Tailla Francine Bonfim	
<b>DOI 10.22533/at.ed.98019091014</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>144</b>
SCOPY (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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.98019091015</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>157</b>
TOXINFEÇÕES ALIMENTARES VIRAIS: CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS VÍRUS, PREVENÇÃO, TRATAMENTO E MÉTODOS CLÍNICOS DE DIAGNÓSTICO LABORATORIAL POR QRT-PCR E BIOSSENSORES	
Karina Teixeira Magalhães-Guedes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.98019091016</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>170</b>
USO DE CULTURAS PROBIÓTICAS EM PRODUTOS CÂRNEOS 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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.98019091017</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>180</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.98019091018</b>	

**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**

<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>233</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.98019091023</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>241</b>
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	
<b>DOI 10.22533/at.ed.98019091024</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>257</b>
PERFIL LIPÍDICO DA POLPA E ÓLEO DA MACAÚBA ( <i>Acrocomia Aculeata</i> ) DO CARIRI CEARENSE	
Yoshihide Oliveira de Souza	
Guilherme Álvaro Rodrigues Maia Esmeraldo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.98019091025</b>	
<b>SOBRE AS ORGANIZADORAS</b> .....	<b>261</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>262</b>

## PRODUÇÃO DE BENZOTIAZOL EM CULTIVO HETEROTRÓFICO MICROALGAL POR *PHORMIDIUM AUTUMNALE*

### **Patrícia Acosta Caetano**

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

### **Pricila Nass Pinheiro**

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

### **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

### **Leila Queiroz Zepka**

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

**RESUMO:** Microalgas são reconhecidas como uma fonte muito diversificada de biomoléculas bioativas. O benzotiazol é um composto de anel bicíclico, que exibe uma ampla aplicação industrial. Em face disso, o objetivo do estudo foi investigar a obtenção do composto volátil benzotiazol em cultivo heterotrófico da microalga *Phormidium autumnale* utilizando água residuária como substrato. O experimento foi realizado em biorreator descontínuo com água residuária proveniente do abate de aves

e suínos, as condições de incubação usadas foram 25°C, aeração de 1 VVM (volume de ar por volume de meio por minuto), pH 7,6, o tempo de residência celular foi de 144 horas com amostragem a cada 24 horas. Os compostos voláteis foram isolados por microextração em fase sólida no *headspace* (fibra DVB/Car/PDMS), separados e analisados por cromatografia gasosa acoplada a um detector de massas (SPME-GC-MS). Na fração volátil microalgal o benzotiazol (44,38  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) está entre os compostos voláteis majoritário do experimento. Demonstrando assim potencial biotecnológico para a obtenção alternativa deste composto.

**PALAVRAS-CHAVE:** *água residuária*, benzoatiazol, microalgas, compostos orgânicos voláteis.

## BENZOTHIAZOLE PRODUCTION IN MICROALGAL HETEROTROPHIC CULTIVE FROM *PHORMIDIUM AUTUMNALE*

**ABSTRACT:** Microalgae are recognized as a very diverse source of bioactive biomolecules. Benzothiazole is a bicyclic ring compound, which exhibits a large industrial application. In view of this, the objective of the study was to investigate the obtaining of the volatile compound benzothiazole in heterotrophic culture of the microalgae *Phormidium autumnale* using wastewater as substrate. The experiment was carried in a batch bioreactor with wastewater from poultry and swine slaughterhouse, the incubation conditions used were 25°C, aeration of 1 VVM (volume of air per volume of medium per minute), pH 7.6, and cell residence time was 144 hours with sampling every 24 hours. Volatile compounds were isolated by solid phase microextraction in headspace (DVB/Car/PDMS fiber), separated and analyzed by gas chromatography coupled to a mass detector (SPME-GC-MS). In the microalgal volatile fraction, benzothiazole (44.38  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) is among the major volatile compounds of the experiment. Thus, demonstrating a biotechnological potential for an alternative procurement of this compound.

**KEYWORDS:** wastewater, benzothiazole, microalgae, volatile organic compounds.

### 1 | INTRODUÇÃO

As microalgas são organismos que produzem compostos valiosos com alto grau de diversidade devido ao amplo espectro de seus metabólitos secundários e apresentam estruturas únicas que diferem das plantas superiores. Devido a isso, a pesquisa sobre bioprodutos de microalgas tem atraído a atenção dos químicos como um tópico de pesquisa desafiador (RODRIGUES et al., 2015).

Fisiologicamente a forma de crescimento dominante das microalgas é fotoautotrófica. Porém, algumas espécies, como as cianobactérias, possuem a capacidade de crescerem heterotroficamente. O gênero *Phormidium* é uma microalga verde azulada pertencente ao filo das cianobactérias. Essa espécie apresenta potencial para ser utilizada como biocatalisadores em processos de biotecnologia devido à sua robustez e exigências nutricionais simples (FRANCISCO et al., 2015;

FERNANDES et al., 2016; FAGUNDES et al., 2019).

Os compostos orgânicos voláteis (COVs) são metabólitos secundários obtidos a partir de microalgas que poderiam ser usados como importante fonte de insumos em indústria de química fina, com obtenção de diferentes classes de compostos, tais como álcoois, ésteres, hidrocarbonetos, terpenos, cetonas, ácidos carboxílicos e compostos sulfurados (NUCCIO et al., 1995; SANTOS et al., 2016). Desta forma, dependendo das espécies, cultura e condições ambientais, as microalgas são capazes de produzir uma variedade de compostos orgânicos voláteis (HOSOGLU, 2018).

Um exemplo de composto volátil produzido por microalgas, é o benzotiazol (HENATSCH & JÜTTNER, 1983; SUGIURA et al., 1998; ZHOU et al., 2017). Este é um composto utilizado na indústria química e na pesquisa, sendo benéfico para o desenvolvimento dos vários compostos de ampla aplicação na indústria farmacêutica na descoberta de medicamentos (SRIVASTAVA et al., 2019).

O composto volátil benzotiazol é a combinação de dois anéis, que contêm os heterociclos tiazol e benzeno. A estrutura central do tiazol e seus compostos farmacologicamente e biologicamente ativos são devidos à presença de átomos de enxofre e nitrogênio presentes no anel (SRIVASTAVA et al., 2019).

Em face disto, o objetivo deste estudo foi investigar a aplicação biotecnológica de água residuária como substrato em cultivo heterotrófico microalgal para produção de benzotiazol.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

As culturas de *Phormidium autumnale* foram originalmente isoladas do deserto de Cuatro Ciénegas (26°59' n, 102°03' w - México). Foi mantida e propagada em ágar-ágar solidificado (20 g.L<sup>-1</sup>) com meio sintético BG11 (RIPPKA et al., 1979), a condição de manutenção utilizada foi de 25°C e intensidade luminosa constante de 1 klux.

O experimento foi realizado em um reator de coluna de bolhas com regime de batelada, alimentado com 2,0 L de água residuária, oriundas do abate e processamento de aves e suínos. O biorreator juntamente com as unidades filtrantes, foram esterilizados em autoclave a 121°C durante 20 minutos. As condições experimentais foram as seguintes: concentração inicial do inóculo de 100 mg.L<sup>-1</sup>, a temperatura de 25°C, o pH ajustado para 7,6, aeração de 1 VVM (volume de ar por volume de meio por minuto), ausência de luz e relação C/N (Carbono/Nitrogênio) de 30.

Os compostos voláteis formados no bioprocessamento foram isolados pela técnica de microextração em fase sólida aplicada em headspace (HS-SPME). A amostragem realizada no tempo zero e a cada 24 h durante o crescimento celular totalizando um tempo de residência celular de 144 h. A fibra de SPME de revestimento misto

empregada foi a DVB/Car/PDMS (50/30  $\mu\text{m} \times 20 \text{ mm}$ , Supelco Bellefonte, PA, USA), pré-condicionada conforme as recomendações fornecidas pelo fabricante. A temperatura de extração de  $40^\circ\text{C}$ , com um tempo de equilíbrio de 5 minutos, após exposição da fibra por 45 minutos. A análise dos compostos voláteis foi realizada em um cromatógrafo a gás acoplado a um espectrômetro de massas (GC/MS Shimadzu QP-2010 Plus). As separações cromatográficas em coluna capilar de sílica fundida DB-Wax, com 60 m de comprimento, 0,25 mm de diâmetro e 0,25  $\mu\text{m}$  de espessura de película (Chrompack Wax 52-CB). O gás de arraste utilizado foi o hélio com vazão constante de  $1,6 \text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ . A temperatura inicial da coluna de  $35^\circ\text{C}$ , permanecendo por 5 minutos, após elevada até  $220^\circ\text{C}$  com gradiente de temperatura de  $5^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ , mantendo-se isotermicamente por 5 minutos. A interface GC/MS e da fonte de ionização foram mantidos a  $250^\circ\text{C}$ . O detector de massas foi operado no modo de ionização por elétrons, com feixe de elétrons a  $+70 \text{ eV}$ . O analisador de massas do tipo quadrupolos foi utilizado no modo de varredura na faixa de 35 a 350  $m/z$ . Os compostos foram identificados primeiramente por comparação dos seus espectros de massa com os do banco de dados espectral da própria biblioteca do GC-MS (NIST MS Search 2.0). A identificação foi confirmada por comparação dos Índices de Retenção Linear calculados.

A estimativa de produção do composto benzotiazol para produções diárias foi baseada em indústrias de diferentes capacidades ( $100, 1000$  e  $10.000 \text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ ). Foram utilizados os dados de concentração de biomassa e benzotiazol, para o cálculo da produtividade de biomassa [ $P_x = (X - X_{i-1}) (t_i - t_{i-1})^{-1}$ ,  $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$ ], onde  $X_i$  é a concentração de biomassa no momento  $t_i$  ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ),  $X_{i-1}$  é a concentração de biomassa no tempo  $t_{i-1}$  ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ), e produtividade de benzotiazol, [ $P_c = P_x \cdot C$ ,  $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$ ], em que  $C$  é o teor de benzotiazol ( $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra a curva de crescimento celular durante o cultivo heterotrófico, as fases de crescimento exponencial (0h-96h), estacionária (96h-120h) e de declínio (120h-144h). Os dados cinéticos obtidos durante o experimento foram, densidade máxima celular de  $1050 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  obtendo uma produtividade de biomassa de  $13,19 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ , com uma velocidade máxima específica de crescimento celular  $0,02 \text{ h}^{-1}$ .

A Figura 1 também mostra a concentração total benzotiazol produzido durante as fases de crescimento celular no decorrer do experimento. A produção do composto volátil foi observada a partir da fase exponencial apresentando a maior concentração durante a fase de declínio, isso pode sugerir que a concentração e disponibilidade de nutrientes do meio externo pode afetar o metabolismo secundário das microalgas (XU et al., 2017).

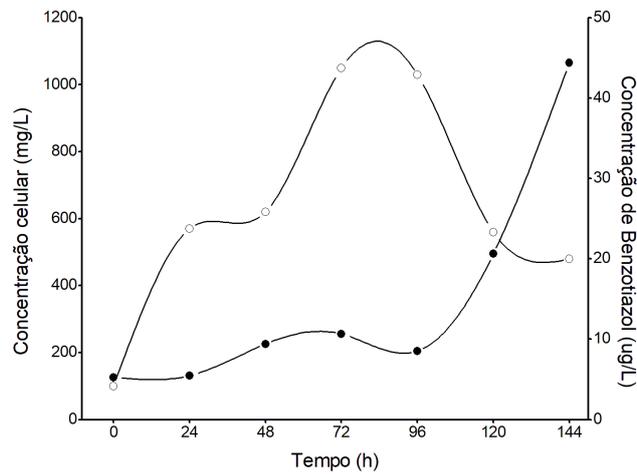


Figura 1 - Curva de crescimento celular correlacionado com a concentração de benzotiazol ao longo do experimento.

Concentração celular da biomassa microalgas (O); concentração de benzotiazol (●).

A queda na produção do benzotiazol observada na transição de fase exponencial para estacionária poderia ser explicada com um descompasso metabólico com o estado nutricional (POHNERT & VIDOUDEZ, 2012; KOLBER et al., 1988) e a eficiência na formação voltou após a adaptação do metabolismo celular.

A Figura 2 mostra o impacto da transformação metabólica em função do tempo na formação do composto benzotiazol no biorreator heterotrófico.

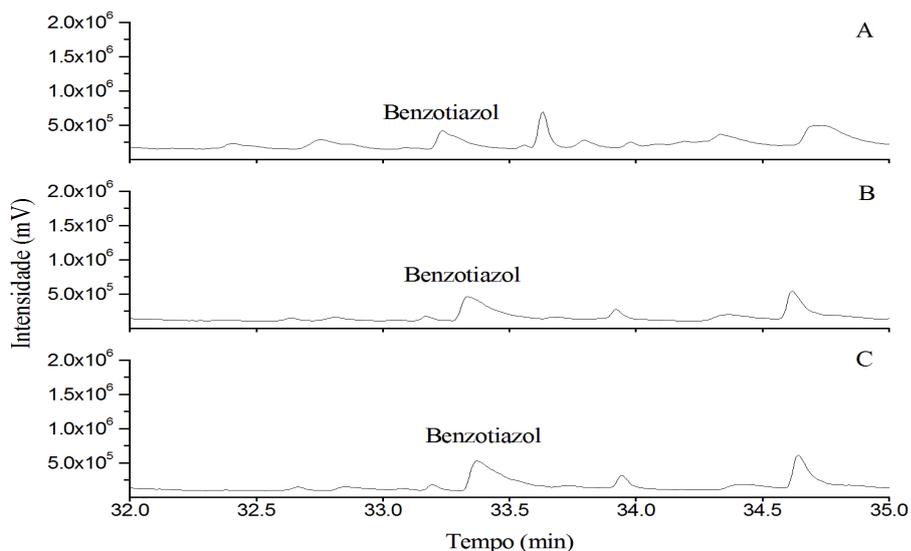


Figura 2 - Cromatograma dos diferentes tempos de cultivo. A= 0 horas; B= 120 horas; C= 144 horas.

O composto volátil predominante foi formado à medida que o tempo de cultivo aumentou. Dentre os compostos que compõe o perfil volátil do experimento, o

benzotiazol representa 18% dos voláteis produzidos no tempo de 144 horas.

No decorrer do experimento o tempo de 144 horas apresentou a melhor concentração 44,38  $\mu\text{g.L}^{-1}$ , comparativamente Santos e colaboradores (2016) relatam em estudos que utilizando como substrato fontes exógenas de carbono atingiu a concentração de 0,1  $\mu\text{g.L}^{-1}$  com o mesmo o tempo de residência celular.

Os compostos tiazólicos são formados principalmente por duas vias: degradação do ácido tiamínico ou por reações não-enzimáticas de escurecimento entre açúcares redutores e aminoácidos na presença de sulfeto de hidrogênio oriundo da degradação de aminoácidos contendo enxofre (CORRAL et al. 2016). Água residuária de processamento de carne inclui grupos específicos de compostos, que são produtos derivados da decomposição de carboidratos, proteínas e lipídios (VIEIRA et al., 2019). Assim, este substrato pode ter contribuído para o aumento na concentração deste composto.

A Tabela 1 apresenta o balanço de massa da produção de benzotiazol em diferentes capacidades industriais.

Produção ( $\text{kg.ano}^{-1}$ )	Capacidade industrial ( $\text{m}^3.\text{dia}^{-1}$ )
94,416	100
944,16	1000
9441,6	10000

Tabela 1 - Balanço de massa para a produção de benzotiazol em diferentes capacidades industriais.

Os resultados indicaram que é possível produzir 94,416, 944,16, 9441,6  $\text{kg.ano}^{-1}$  em uma indústria de pequeno (100  $\text{m}^3.\text{d}^{-1}$ ), médio (1000  $\text{m}^3.\text{d}^{-1}$ ) e grande porte (10.000  $\text{m}^3.\text{d}^{-1}$ ). No entanto, a produção comercial de benzotiazol obtidos de forma biotecnológica muitas vezes requer rentabilidade econômica. Para obter altos rendimentos e produtividade, é importante escolher o design do reator e o sistema conveniente para a recuperação deste composto (TALAIKHOZANI et al, 2016).

Em conjunto, este resultado apoia a hipótese da presente pesquisa de que o benzotiazol é o principal composto orgânico volátil a ser obtido do efluente de processamento de carne e metabolizado para a produção de bioprodutos à base de microalgas, exibindo uma ampla gama de propriedades biológicas de interesse permanente na indústria química.

#### 4 | CONCLUSÃO

A microalga *Phormidium autumnale* apresentou a capacidade de produzir o composto benzotiazol quando cultivada heterotroficamente em efluente agroindustrial. Assim a utilização de água residuária como substrato demonstrou ser uma alternativa para a obtenção do composto em biorreator microalgal, demonstrando aplicação

comercial de metabólitos de biotecnologia primários e secundários e legislações ambientais mais rígidas levaram ao interesse em desenvolver formas renováveis para produzir esses compostos e aplicar à química fina.

## REFERÊNCIAS

- ACHYUTHAN, K.E.; HARPER, J.C.; MANGINELL, R.P.; MOORMAN, M.W. **Volatile Metabolites Emission by In Vivo Microalgae-An Overlooked Opportunity?** *Metabolites*, v. 7(3), p. 39, 2017.
- CORRAL, S., LEITNER, E., SIEGMUND, B., & FLORES, M. **Determination of sulfur and nitrogen compounds during the processing of dry fermented sausages and their relation to amino acid generation.** *Food Chemistry*, 190, p. 657-664, 2016.
- FAGUNDES, M.B., FALK, R.B., FACCHI, M.M.X., VENDRUSCOLO, R.G., MARONEZE, M.M., ZEPKA, L.Q., JACOB-LOPES, E., WAGNER, R. **Insights in cyanobacteria lipidomics: A sterols characterization from *Phormidium autumnale* biomass in heterotrophic cultivation.** *Food Research International*, v. 119, p. 777-784, 2019.
- FERNANDES, A.S., NOGARA, G.P., MENEZES, C.R., CICHOSKI, A.J., MERCADANTE, A.Z., JACOB-LOPES, E., ZEPKA, L.Q. **Identification of chlorophyll molecules with peroxy radical scavenger capacity in microalgae *Phormidium autumnale* using ultrasound-assisted extraction.** *Food Research International*, v. 99(3), p. 1036-1041, 2017.
- FRANCISCO, E.C., FRANCO, T.T., ZEPKA, L.Q., E. JACOB-LOPES. **From waste-to-energy: the process integration and intensification for bulk oil and biodiesel production by microalgae.** *J. Environ. Chem. Eng.*, v. 3, p. 482-487, 2015.
- HENATSCH, J. J. & JÜTTNER, F. **Volatile Odorous Excretion Products of Different Strains of *Synechococcus* (Cyanobacteria).** *Water Sci. Technol.*, v. 15, p. 259-266, 1983.
- NUCCIO, J., SEATON, P.J., KIEBER, K.J. **Biological production of formaldehyde in the marine environmental.** *Limnology & Oceanography*, v. 40, p. 521-527, 1995.
- POHNERT, G. AND VIDOUDEZ, C.; **Comparative metabolomics of the diatom *Skeletonema marinoi* in different growth phases.** *Metabolomics*, 8, p. 654- 669, 2012.
- RODRIGUES, D.B., MENEZES, C.R., MERCADANTE, A.Z., JACOB-LOPES, E. **Pigmentos bioativos da microalga *Phormidium autumnale*.** *Food Research International*, v. 77(2), p. 273-279, 2015.
- 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.
- SANTOS, A.B.; FERNANDES, A.S.; WAGNER, R.; JACOB-LOPES, E.; ZEPKA, L.Q. **Biogeneration of Volatile Organic Compounds Produced by *Phormidium Autumnale* In Hetrotrophic Bioreactor.** *Journal of Applied Phycology*, v. 60, p. 32-42, 2016.
- SUGIURA, N., IWAMI, N., INAMORFI, Y., NISHIMURA, O. AND SUDO, R. **Significance of attached cyanobacteria Relevant to the occurrence of Musty odor in lake kasumigaura.** *Water Res.*, v. 32, p. 3549-3554, 1998.
- 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.

TALAEKHOZANI, A., BAGHERI, M., GOLI, A., KHOOZANI, M.R.T. **An overview of principles of odor production, emission, and control methods in wastewater collection and treatment systems.** J. Environ. Manage, v. 170, p. 186-206, 2016.

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.

VOLKMAN, J.K., BOROWITZKA, M.A., BEARDALL, J., RAVEN, J.A. **Sterols in Microalgae. The Physiology of Microalgae.** Springer International Publishing, Cham, v. 485-505, 2016.

XU, Q., YANG, L., YANG, W., BAI, Y., HOU, P., ZHAO, J., ZHOU, L., ZUO, Z. **Volatile organic compounds released from Microcystis flos-aquae under nitrogen sources and their toxic effects on Chlorella vulgaris.** Ecotoxicology and Environmental Safety, 135, p.191–200, 2017.

## 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