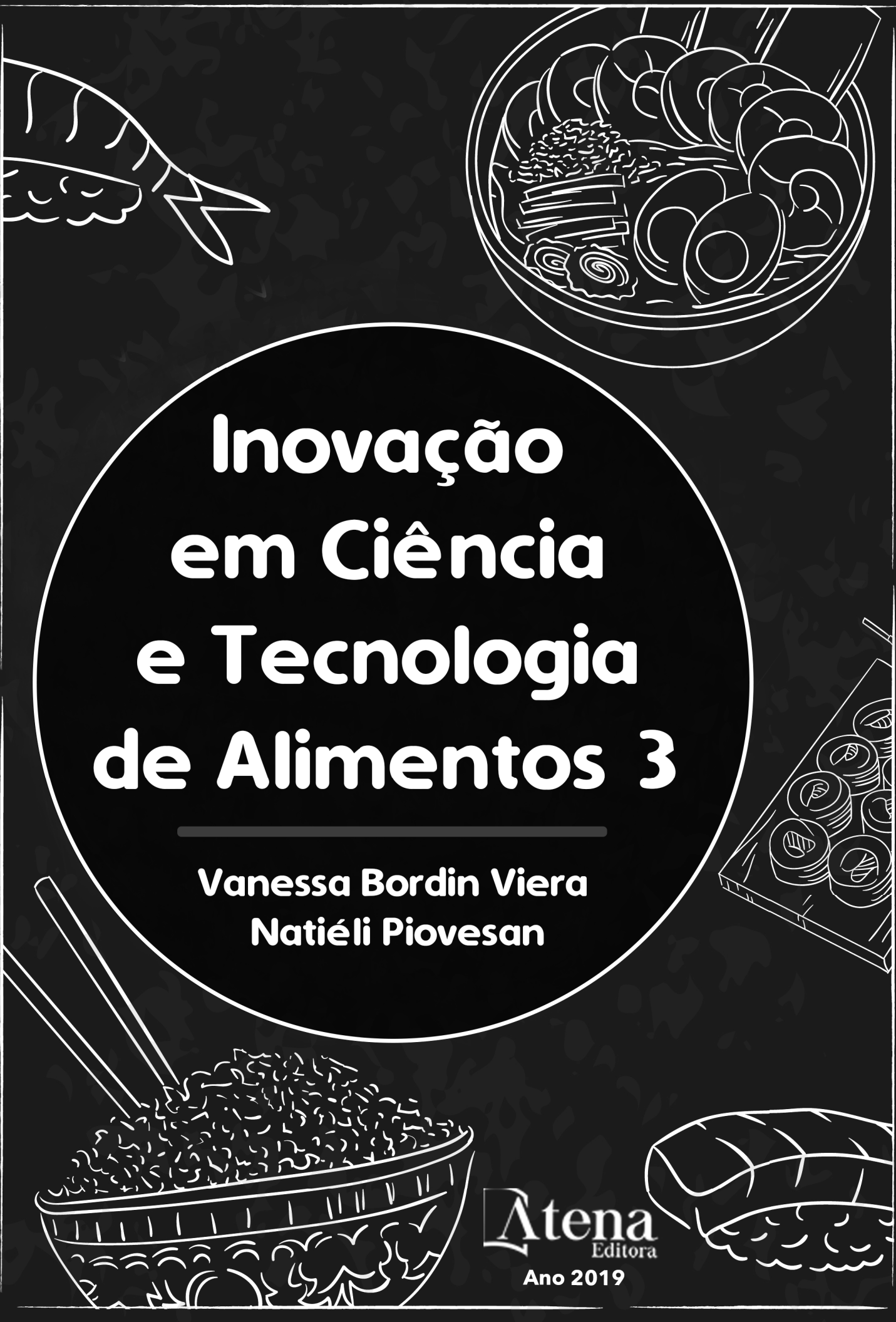


# Inovação em Ciência e Tecnologia de Alimentos 3

**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 di 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

<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 LÁCTEOS E PRODUTOS CÁRNEOS: 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 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	
<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 COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS A PARTIR DE MICROALGAS CULTIVADAS EM ÁGUA RESIDUÁRIA

### **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

### **Patrícia Acosta Caetano**

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

### **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:** O objetivo do trabalho foi identificar os compostos orgânicos voláteis (COVs) a partir de *Phormidium autumnale* cultivada em resíduo agroindustrial. Os experimentos foram realizados em biorreator descontínuo com aeração contínua 1VVM e ausência de luminosidade contendo 2 L de água residuária do abate e processamento de aves e suínos, com relação C/N 30, pH 7,6, temperatura de 15°C e concentração inicial de 100 mg.L<sup>-1</sup>. Os voláteis foram isolados do *headspace* por

microextração em fase sólida em diferentes tempos de residência, e analisados por cromatografia gasosa acoplado ao espectrômetro de massas (SPME-GC/MS). A amostragem foi realizada durante do tempo de residência celular a cada 24 horas no período de 144 horas. O perfil de compostos voláteis apresentou um total de 16 compostos voláteis sendo eles terpenos como limoneno ( $54,52 \mu\text{g. L}^{-1}$ ), álcoois como 1-pentanol ( $26,27 \mu\text{g. L}^{-1}$ ), cetonas como 2-heptanona ( $20,85 \mu\text{g. L}^{-1}$ ), e os compostos sulfurados.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Phormidium autumnale*; compostos voláteis; resíduo agroindustrial.

## PRODUCTION OF VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS FROM MICROALGAE CULTIVATED IN WASTEWATER

**ABSTRACT:** The objective of this work was to identification volatile organic compounds (VOCs) from *Phormidium autumnale* cultivated in wastewater. The experiments were performed in a continuous aeration discontinuous bioreactor with 1VVM and without light containing 2 L of effluent from slaughter and processing of poultry and swine, with C/N 30, pH 7.6, 15°C temperature and initial concentration 100 mg.L<sup>-1</sup>.The volatiles were isolated by solid phase headspace microextraction at different residence times and analyzed by gas chromatography associated with mass spectrometry (SPME-GC/MS). Sampling was performed during the cell residence time every 24 hours at 144 hours. The volatile compounds profile showed a total of 16 volatile compounds, being terpenes as limonene ( $54.52 \mu\text{g. L}^{-1}$ ), alcohols as 1-pentanol ( $26.27 \mu\text{g. L}^{-1}$ ), ketones as 2-heptanone ( $20.85 \mu\text{g L}^{-1}$ ), and the sulfur compounds.

**KEYWORDS:** *Phormidium autumnale*; volatile compounds; wastewater.

## 1 | INTRODUÇÃO

As microalgas podem desempenhar um papel significativo no gerenciamento de resíduos, com o potencial de recuperar nutrientes de resíduos agroindustriais, como águas residuais, e formar uma variedade de substâncias químicas de origem biológica a partir de sua biomassa (SANTOS et al., 2017).

Dentre as inúmeras espécies estudadas de microalgas, *Phormidium* é um gênero de cianobactérias filamentosas, não ramificadas, que é conhecida pela capacidade de habituar-se em ambientes extremos, como fontes termais, solos desérticos e locais poluídos, o que tornam robustos e possuem requisitos nutricionais simples (GUIRY e GUIRY, 2007).

O alto grau de diversidade dos compostos de microalgas é devido ao seu amplo espectro de metabólitos secundários (FERNANDES et al., 2017). Em termos de compostos orgânicos voláteis gerados biologicamente, os voláteis representam metabólitos secundários das microalgas (ACHYUTHAN et al., 2017).

O uso da fração volátil da cultura de microalgas pode representar uma melhoria no fornecimento de insumos para diferentes setores da indústria, e uma vez que existe um interesse crescente em produtos naturais que orientam o desenvolvimento das tecnologias que empregam microorganismos, incluindo microalgas, que podem sintetizar compostos orgânicos voláteis específicos (SANTOS et al., 2016<sup>a</sup>).

Diante desse esboço, o objetivo do presente trabalho foi identificar o perfil de compostos orgânicos voláteis da microalga *Phormidium autumnale* cultivada em resíduos agroindustriais.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Microalga e meios de cultura

Culturas de *Phormidium autumnale* usadas nos experimentos foram propagadas e mantidas em ágar-ágar solidificado (20 g.L<sup>-1</sup>) contendo meio BG11 sintético (RIPPKA et al., 1979). As condições de incubação foram de 25°C, a densidade de fluxo de fótons foi de 15  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  e o fotoperíodo foi de 12 h (FRANCISCO et al., 2014).

### 2.2 Águas residuais de processamento de alimentos

O efluente utilizado nos experimentos foi obtido em uma indústria localizada em Santa Catarina, Brasil (27°14'02"S, 52°01'40"W). Foi coletado no ponto de descarga de um tanque de equalização ao longo de um ano e analisado quanto ao pH, demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio total (N-TNK), fósforo total (P-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>), sólidos totais (ST), sólidos suspensos (SS), sólidos voláteis (SV) e sólidos fixos (SF) seguindo os Métodos Padrão para o Exame de Água e Águas Residuais (APHA, 2005). Esta é a composição média das águas residuais: pH de 5,9 ± 0,05, DQO de 4,100 ± 874 (mg.L<sup>-1</sup>), NTK-N de 128,5 ± 12,1 (mg.L<sup>-1</sup>), P-PO<sub>4</sub><sup>-3</sup> de 2,84 ± 0,2 (mg.L<sup>-1</sup>), ST de 3,8 ± 2,7 (mg.L<sup>-1</sup>), SS de 1,9 ± 0,8 (mg.L<sup>-1</sup>), SV de 2,9 ± 0,4 (mg.L<sup>-1</sup>) e SF de 0,9 ± 0,3 (mg.L<sup>-1</sup>).

### 2.3 Biorreator

Os experimentos foram realizados em um biorreator de coluna de bolhas (FRANCISCO et al., 2014), alimentado com 2,0 L de água residuária. O biorreator, que incluiu unidades filtrantes, foi previamente autoclavado a 121°C por 30 min. As condições experimentais foram determinadas da seguinte forma: concentração inicial de inóculo 100 mg.L<sup>-1</sup>, temperatura 15°C, pH ajustado para 7,6 e aeração de 1,0 VVM (volume de ar por volume de cultura por minuto), ausência de luz e tempo de residência de 144 h. Os experimentos foram realizados duas vezes e em duplicata. Portanto, os dados referem-se ao valor médio de quatro repetições.

## 2.4 Métodos analíticos

### 2.4.1 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  $\mu\text{m}$  de espessura de película  $\times$  20 mm; Supelco, Bellefonte, PA). Cada porção de 10 mL de amostra foi colocada em um frasco contendo 3 g de NaCl e 10  $\mu\text{L}$  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. O HS-SPME foi acoplado com GC/MS para a determinação quantitativa dos compostos voláteis (SANTOS et al., 2016<sup>b</sup>).

### 2.4.2 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<sup>-1</sup>. 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  $\mu\text{m}$  (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<sup>-1</sup> 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 Procurar). 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, 2017).

A amostra e a mistura padrão foram injetadas separadamente e em conjunto para obter os valores experimentais de LRI e espectros de massa para fins de identificação de compostos por comparação direcionada. Os analitos foram quantificados pela calibração padrão interna. A concentração relativa dos compostos investigados foi determinada relacionando a área do padrão interno com uma concentração conhecida (0,082  $\mu\text{g}.\text{mL}^{-1}$ ) com a área do composto de interesse. O fator de resposta

entre padrão interno e analitos foi assumido como um.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra a identificação dos compostos voláteis do experimento. Um total de 16 compostos voláteis foram identificados na amostra estudada, incluindo 6 álcoois, 3 cetonas, 4 terpenos e 3 pertencentes a outras classes químicas.

LRI DB-Wax <sup>a</sup>	Compostos	Descritor de aroma <sup>b</sup>
1013	4-Metil-2-pentanona	verde
1051	Propanol	álcool, pungente
1176	Limoneno	limão, laranja
1182	2-Heptanona	sabonete
1186	1,8 Cineole	especiaria
1206	2-Pentilfurano	feijão verde, manteiga
1247	1-Pentanol	frutado
1255	3-Metil-1-butanol	uísque, malte, queimado
1273	2-Octanona	erva, manteiga, resina
1338	Hexanol	resina, flor, verde
1453	Diidromircenol	limão azedo, cítrico, colônia
1484	2-Metil-hexanol	rosa, verde
1640	Mentol	hortelã
1767	Citronelol	rose
1899	Benzotiazole	sulfúrico, vegetal
2434	Benzofenona	balsâmico

Tabela 1 - Compostos voláteis detectados por GC/MS nas amostras de biorreator com índice de retenção (LRI) e descritores de odor.

A Tabela 2 mostra compostos orgânicos voláteis detectados em função do tempo no biorreator heterotrófico suplementado com resíduos agroindustriais.

Compostos	24 h ( $\mu\text{g. L}^{-1}$ )	72 h ( $\mu\text{g. L}^{-1}$ )	144 h ( $\mu\text{g. L}^{-1}$ )
4-Metil-2-pentanona	0,62	0,65	nd*
Propanol	3,26	nd*	nd*
Limoneno	1,64	1,17	54,52
2-Heptanona	2,38	nd*	20,85
1,8 Cineole	nd*	1,93	11,54
2-Pentilfurano	nd*	nd*	12,82
1-Pentanol	6,43	nd*	26,27
3-Metil-1-butanol	nd*	1,62	nd*



2-Octanona	0,64	nd*	20,27
Hexanol	nd*	1,16	15,86
Didromircenol	2,12	3,56	nd*
2-Metil-hexanol	3,88	nd*	nd*
Mentol	8,62	nd*	9,87
Citronelol	2,78	nd*	nd*
Benzotiazole	4,52	nd*	18,43
Benzofenona	nd*	8,51	6,82

Tabela 2 - Perfil quantitativo dos compostos voláteis detectados por GC/MS nas amostras de biorreator obtidos através de diferentes tempos de residência do experimento.

Álcoois são produzidos através da via 2-cetoácido, onde os correspondentes aldeídos são convertidos usando uma 2-cetoácido descarboxilase e depois reduzidos aos álcoois (SANTOS et al., 2016<sup>a</sup>). No cultivo o álcool majoritário identificado 1-pentanol foi encontrado na concentração de 26,27  $\mu\text{g. L}^{-1}$ , em 144 h de cultivo, o álcool propanol (0,65  $\mu\text{g. L}^{-1}$ ) em 72 h, é considerado como um composto orgânico volátil de microrganismos com apelo comercial (SANTOS et al., 2016<sup>b</sup>).

No que diz respeito à indústria petroquímica, os álcoois de cadeia curta são interessantes para gerar bioenergia (SEVERO et al., 2018). Álcoois alifáticos com maior comprimento de cadeia de carbono ou igual a cinco são alvos atraentes para os biocombustíveis que possuem alta densidade energética e baixa solubilidade em água (ZHANG et al., 2008; SANTOS et al., 2016<sup>a</sup>).

As cetonas alifáticas podem ser produtos de oxidação lipídica ou podem ser formadas a partir da clivagem oxidativa de carotenoides (SANTOS et al., 2016<sup>a, b</sup>). No cultivo foram identificadas 2-heptanona, benzofenona, 4-metil-2-pentanona (ZHOU et al., 2016).

Cetonas como, 2-heptanona, 2-nonanona e 2-undecanona, são aromas empregados em uma ampla gama de aplicações de tempero, especialmente aquelas relacionadas ao queijo e aroma de fruta (LOGAN et al., 2008).

Os terpenóides são o grupo de compostos orgânicos amplamente distribuídos em cianobactérias (SINGH et al., 2017), no experimento foram identificados limoneno, 1,8 cineole, mentol e citronelol.

Os terpenos atraem grande atenção devido ao seu amplo espectro de aplicações que vão desde fragrâncias para cosméticos, produtos alimentícios, produtos farmacêuticos e biocombustíveis (MELIS, 2017). Monoterpenos como limoneno, linalol, 1,8-cineole são utilizados para o aroma de bebidas de limão ou lima (TETALI, 2019).

Uma cultura de microalgas contendo águas residuais torna-se um substrato, rico em carbono e nutrientes para o seu crescimento, e produz novas biomoléculas como os compostos orgânicos voláteis.

## 4 | CONCLUSÃO

O cultivo de *Phormidium autumnale* apresentou a capacidade de produzir variedade de compostos voláteis industrialmente interessantes sob condições heterotróficas, indicando seu potencial como fonte renovável destes voláteis.

## REFERÊNCIAS

- ACHYUTHAN, K. E.; HARPER, J. C.; MANGINELL, R. P.; MOORMAN, M. W. **Volatile Metabolites Emission by *In Vivo* Microalgae-An Overlooked Opportunity?** *Metabolites*, 7, p. 39-85, 2017.
- ACREE, T.; ARN, H. (2017) **Flavornet and human odor space**. Disponível em: <<http://www.flavornet.org>> Acesso em: 28 jul. 2019.
- American Public Health Association (APHA), **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, Washington, USA, v 20, 2005.
- 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*, 99, p. 1036-104, 2017.
- FRANCISCO, E. C.; FRANCO, T. T.; WAGNER, R.; JACOB-LOPES, E. **Assessment of different carbohydrates as exogenous carbon source in cultivation of cyanobacteria**, *Bioproc Biosyst Eng*, 1, p. 2-11, 2014.
- GUIRY, M. D.; GUIRY, G. M. (2016). **Base de algas: publicação eletrônica mundial**. Galway: Universidade Nacional da Irlanda. Disponível em: <<http://www.algaebase.org/>> Acesso em: 25 out. 2017.
- LOGAN, B. E.; CALL, D.; CHENG, S.; HAMELERS, H. V. M.; SLEUTELS, T. H. J. A.; JEREMIASSE, A. W.; ROZENDAL, R. A. (2008) **Microbial electrolysis cells for high yield hydrogen gas production from organic matter**. *Environmental Science Technology*, 42, 8630-8640. <https://doi.org/10.1021/es801553z>.
- MELIS, A. (2017). **Terpene hydrocarbons production in cyanobacteria**. In: Los DA (ed) *Cyanobacteria: omics and manipulation*. Caister Academic Press, UK, pp 187–198. <https://doi.org/10.21775/9781910190555.09>
- 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<sup>a</sup>, A. B.; VIEIRA, K. R.; NOGARA, G. P.; WAGNER, R.; JACOB-LOPES, E.; ZEPKA, L.Q. **Biogenesis of volatile organic compounds by microalgae: occurrence, behavior, ecological implications and industrial applications**. p. 1-23 de 2016.
- SANTOS<sup>b</sup>, A. B.; FERNANDES, A. S.; WAGNER, R.; JACOB-LOPES, E.; ZEPKA, L. Q. **Biogenesis of volatile organic compounds produced by *Phormidium autumnale* in heterotrophic bioreactor**. *Journal of Applied Phycology*, 28, p.1561-1570, 2016.
- SANTOS, A. M., SANTOS, A. M., SARTORI, R. B., QUEIROZ, L. Z., BARIN, J. S., JACOB-LOPES, E. (2017). **Nutrient cycling in meat processing industry by microalgae/cyanobacteria-based processes**. *Desalination and Water Treatment*. 100, 91-99. <https://doi.org/10.5004/dwt.2017.21719>

SEVERO, I. A.; DEPRÁ, M. C.; BARIN, J. S.; WAGNER, R.; DE MENEZES, C. R.; ZEPKA, L. Q. AND JACOB-LOPES, E. (2018). **Bio-combustion of petroleum coke: The process integration with photobioreactors**. Chemical Engineering Science. 177, 422-430. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2017.12.001>

SINGH, R.; PARIHA, P.; SINGH, M.; BAJGUZ, A.; KUMAR, J.; SINGH, S.; SINGH, V. P.; PRASAD, S. M. **Uncovering Potential Applications of Cyanobacteria and Algal Metabolites in Biology, Agriculture and Medicine: Current Status and Future Prospects**. Front Microbiol, v. 8, n. 112, p. 42-46, 2017.

TETALI, S. D. (2019) **Terpenes and isoprenoids: a wealth of compounds for global use**. Planta, 249, 1–8. <https://doi.org/10.1007/s00425-018-3056-x>

ZEPKA, L. Q.; JACOB-LOPES, E.; GOLDBECK, R.; SOUSA-SOARES, L. A.; QUEIROZ, M. I. **Nutritional evaluation of single-cell protein produced by *Aphanothece microscopica* Nägeli**. Bioresource Technology, v. 101, n. 18, p. 7118, 2010.

ZHANG, K., SAWAYA, M. R., EISENBERG, D. S., & LIAO, J. C. (2008). **Expanding metabolism for biosynthesis of non-natural alcohols**. Proceedings of the National Academy of Sciences. 105, 20653-20658. <https://doi.org/10.1073/pnas.0807157106>

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.

## 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

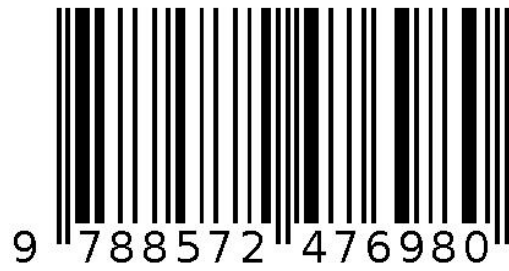
Soro de queijo 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69

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