



**Vanessa Bordin Viera  
Natiéli Piovesan  
(Organizadoras)**

# **Avanços e Desafios da Nutrição 4**

**Atena**  
Editora  
Ano 2019

Vanessa Bordin Viera  
Natiéli Piovesan  
(Organizadoras)

## Avanços e Desafios da Nutrição 4

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Executiva: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Natália Sandrini  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
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. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
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<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
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. 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. 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. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

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

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof.<sup>a</sup> Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.<sup>a</sup> Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
A946	Avanços e desafios de nutrição 4 [recurso eletrônico] / Organizadoras Vanessa Bordin Viera, Natiéli Piovesan. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Avanços e Desafios da Nutrição no Brasil; v. 4)  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-343-9 DOI 10.22533/at.ed.439192405  1. Nutrição – Pesquisa – Brasil. I. Viera, Vanessa Bordin. II. Piovesan, Natiéli. III. Série.  CDD 613.2
<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* *Avanços e Desafios da Nutrição no Brasil 4*, traz um olhar multidisciplinar e integrado da nutrição com a Ciência e Tecnologia de Alimentos. A presente obra é composta de 66 artigos científicos que abordam assuntos de extrema importância relacionados à nutrição e a tecnologia de alimentos. O leitor irá encontrar assuntos que abordam temas como as boas práticas de manipulação e condições higiênico-sanitária e qualidade de alimentos; avaliações físico-químicas e sensoriais de alimentos; rotulagem de alimentos, determinação e caracterização de compostos bioativos; atividade antioxidante, antimicrobiana e antifúngica; desenvolvimento de novos produtos alimentícios; insetos comestíveis; corantes naturais; tratamento de resíduos, entre outros.

O *e-book* também apresenta artigos que abrangem análises de documentos como patentes, avaliação e orientação de boas práticas de manipulação de alimentos, hábitos de consumo de frutos, consumo de alimentos do tipo lanches rápidos, programa de aquisição de alimentos e programa de capacitação em boas práticas no âmbito escolar.

Levando-se em consideração a importância de discutir a nutrição aliada à Ciência e Tecnologia de Alimentos, os artigos deste *e-book*, visam promover reflexões e aprofundar conhecimentos acerca dos temas apresentados. Por fim, *desejamos a todos uma excelente leitura!*

Natiéli Piovesan e Vanessa Bordin Viera

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1 ..... 1**

EFEITO DAS COBERTURAS COMESTÍVEIS E O TEMPO DE SECAGEM NA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DE MAÇÃS 'ROYAL GALA' MINIMAMENTE PROCESSADAS

Rufino Fernando Flores Cantillano  
Jardel Araujo Ribeiro  
Mauricio Seifert  
Carla Ferreira Silveira  
Daiane Nogueira  
Leonardo Nora

**DOI 10.22533/at.ed.4391924051**

### **CAPÍTULO 2 ..... 17**

EFEITO DO PROCESSAMENTO EM ALTAS PRESSÕES HIDROSTÁTICAS NAS PROPRIEDADES DOS ALIMENTOS: UMA BREVE REVISÃO

Christian Alley de Aragão Almeida  
Lucas Almeida Leite Costa Lima  
Patrícia Beltrão Lessa Constant  
Maria Terezinha Santos Leite Neta  
Narendra Narain

**DOI 10.22533/at.ed.4391924052**

### **CAPÍTULO 3 ..... 32**

EFICIÊNCIA DE DIFERENTES TIPOS DE COAGULANTES NO TRATAMENTO DE ÁGUAS DO RIO NEGRO

Wenderson Gomes Dos Santos  
Ana Flávia Amâncio de Oliveira  
Carolina Lima dos Santos  
Jaqueline Araújo Cavalcante  
Jocélia Pinheiro Santos  
Larissa Fernanda Rodrigues  
Lucas Martins Girão  
Rachel de Melo Verçosa  
Talissa Luzia Vieira da Silva  
Victor Nogueira Galvão

**DOI 10.22533/at.ed.4391924053**

### **CAPÍTULO 4 ..... 38**

ELABORAÇÃO DE PRODUTOS CÁRNEOS BOVINOS UTILIZANDO EXTRATOS DE ESPECIARIAS AROMÁTICAS COMO ADITIVO ALIMENTAR NATURAL

Silvana Maria Michelin Bertagnolli  
Aline de Oliveira Fogaça  
Luana da Silva Portella

**DOI 10.22533/at.ed.4391924054**

**CAPÍTULO 5 ..... 49**

ELABORAÇÃO E ANÁLISE SENSORIAL DE PRODUTO CÁRNEO TIPO HAMBÚRGUER DE PEITO DE PERU ACRESCIDO DE FARELO DE AVEIA

Patrícia Aparecida Testa  
Dayane Sandri Stellato  
Krishna Rodrigues de Rosa  
Márcia Helena Scabora  
Xisto Rodrigues de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.4391924055**

**CAPÍTULO 6 ..... 55**

ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA AGUARDENTE MISTA DE CALDO DE CANA E CAJÁ (*Spondias mombin* L)

Alexandre da Silva Lúcio  
Mércia Melo de Almeida Mota  
Ângela Maria Santiago  
Deyzi Santos Gouveia  
Rebeca de Lima Dantas

**DOI 10.22533/at.ed.4391924056**

**CAPÍTULO 7 ..... 66**

ELABORAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DO MANUAL DE BOAS PRÁTICAS EM COZINHAS DE ESCOLAS DA REDE ESTADUAL DE ENSINO DE TRÊS PASSOS – RS

Glaciela Cristina Rodrigues da Silva Scherer  
Fernanda Hart Weber  
Josiane Pasini

**DOI 10.22533/at.ed.4391924057**

**CAPÍTULO 8 ..... 75**

EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS POR ULTRASSOM DAS SEMENTES DE INGÁ (*Inga marginata* Willd)

Déborah Cristina Barcelos Flores  
Caroline Pagnossim Boeira  
Bruna Nichelle Lucas  
Jamila dos Santos Alves  
Natiéli Piovesan  
Vanessa Bordin Viera  
Marcela Bromberger Soquetta  
Jéssica Righi da Rosa  
Grazielle Castagna Cezimbra Weis  
Claudia Severo da Rosa

**DOI 10.22533/at.ed.4391924058**

**CAPÍTULO 9 ..... 87**

ESTABILIDADE DE ESPUMA DE OVOS DE SISTEMA ORGÂNICO DE PRODUÇÃO AO LONGO DA SUA VIDA DE PRATELEIRA

Bruna Poletti  
Maitê de Moraes Vieira  
Daniela Maia

**DOI 10.22533/at.ed.4391924059**

**CAPÍTULO 10 ..... 94**

FATORES ANTINUTRICIONAIS EM GRÃOS DE QUINOA

Antonio Manoel Maradini Filho  
João Tomaz da Silva Borges  
Mônica Ribeiro Pirozi  
Helena Maria Pinheiro Sant'Ana  
José Benício Paes Chaves  
Eber Antonio Alves Medeiros

**DOI 10.22533/at.ed.43919240510**

**CAPÍTULO 11 ..... 107**

IDENTIFICAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO, QUANTIFICAÇÃO E TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM INDÚSTRIA DE BENEFICIAMENTO DE ARROZ LOCALIZADA EM BARREIRAS - BA

Rafael Fernandes Almeida  
Miriam Stephanie Nunes de Souza  
Patrícia de Magalhães Prado  
Camila Filgueira de Souza  
Frederick Coutinho de Barros

**DOI 10.22533/at.ed.43919240511**

**CAPÍTULO 12 ..... 116**

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE SECAGEM DE UMBU (*Spondias tuberosa*) EM CAMADA DE ESPUMA

Cesar Vinicius Toniciolli Riguetto  
Loraine Micheletti Evaristo  
Maiara Vieira Brandão  
Claudineia Aparecida Queli Geraldi  
Lara Covre  
Raquel Aparecida Loss

**DOI 10.22533/at.ed.43919240512**

**CAPÍTULO 13 ..... 126**

INSETOS COMESTÍVEIS: PERCEPÇÃO DO CONSUMIDOR

Igor Sulzbacher Schardong  
Joice Aline Freiberg  
Alexandre Arthur Gregoski Kazmirski  
Natielo Almeida Santana  
Neila Silvia Pereira dos Santos Richards

**DOI 10.22533/at.ed.43919240513**

**CAPÍTULO 14 ..... 134**

KEFIR INTEGRAL ADOÇADO COM ADIÇÃO DE GELEIA DE MORANGO E AVEIA EM FLOCOS

Natasha Sékula  
Andressa Aparecida Surek  
Andressa Ferreira da Silva  
Carla Patrícia Boeing de Medeiros  
Natalia Schmitz Ribeiro da Silva  
Herta Stutz  
Katielle Rosalva Voncik Córdova

**DOI 10.22533/at.ed.43919240514**

**CAPÍTULO 15 ..... 143**

MICROENCAPSULAÇÃO DE D-LIMONENO E APLICAÇÃO EM FILMES BIODEGRADÁVEIS DE QUITOSANA E GELATINA

Marcella Vitoria Galindo  
João Augusto Salviano de Medeiros  
Lyssa Setsuko Sakanaka  
Carlos Raimundo Ferreira Grosso  
Marianne Ayumi Shirai

**DOI 10.22533/at.ed.43919240515**

**CAPÍTULO 16 ..... 149**

OBTENÇÃO DE GELATINA E CMS DE TILÁPIA E SEU EFEITO COMBINADO NA QUALIDADE DE NUGGETS

Rayanne Priscilla França de Melo  
Sthelio Braga da Fonseca  
Rayssa do Espírito Santo Silva  
Bruno Raniere Lins de Albuquerque Meireles

**DOI 10.22533/at.ed.43919240516**

**CAPÍTULO 17 ..... 161**

OCORRÊNCIA DE MICOTOXINAS EM FARELO DE SOJA, FARELO DE TRIGO, MILHO E SORGO NO BRASIL NOS ANOS DE 2016 E 2017

Vivian Feddern  
Indianara Fabíola Weber  
Ana Júlia Neis  
Oneida Francisca de Vasconcelos Vieira  
José Clóvis Vieira  
Gustavo Julio Mello Monteiro de Lima

**DOI 10.22533/at.ed.43919240517**

**CAPÍTULO 18 ..... 172**

PHYSICAL-CHEMICAL, MICROBIOLOGICAL AND SENSORY CHARACTERISTICS OF JELLIES PREPARED WITH PETALS OF ROSES

Felipe de Lima Franzen  
Mari Silvia Rodrigues de Oliveira  
Ana Paula Gusso  
Janine Farias Menegaes  
Maritiele Naissinger da Silva  
Neila Silvia Pereira dos Santos Richards

**DOI 10.22533/at.ed.43919240518**

**CAPÍTULO 19 ..... 184**

PLANT-BASED ANTIMICROBIAL PACKAGING

Tuany Gabriela Hoffmann  
Daniel Peters Amaral  
Betina Louise Angioletti  
Matheus Rover Barbieri  
Sávio Leandro Bertoli  
Carolina Krebs de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.43919240519**

**CAPÍTULO 20 ..... 192**

POLPA E GELEIA DE FRUTOS DE UMBUZEIRO: ANÁLISES COMPARATIVAS DA CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE

Cristina Xavier dos Santos Leite  
Márcia Soares Gonçalves  
Ingrid Alves Santos  
Márjorie Castro Pinto Porfirio  
Marília Viana Borges  
Marcondes Viana Silva

**DOI 10.22533/at.ed.43919240520**

**CAPÍTULO 21 ..... 199**

POTENCIAL ANTIOXIDANTE DE AVEIA PRODUZIDA EM CULTIVO CONVENCIONAL E ORGÂNICO

Cintia Cassia Tonieto Gris  
Valéria Hartmann  
Luiz Carlos Gutkoski  
Matheus Tumelero Crestani

**DOI 10.22533/at.ed.43919240521**

**CAPÍTULO 22 ..... 204**

PROCESSO OXIDATIVO AVANÇADO FOTO-FENTON PARA O TRATAMENTO DE ÁGUA

Magda Maria Oliveira Inô  
Tatielly de Jesus Costa  
Vanessa Regina Kunz  
Frederick Coutinho de Barros

**DOI 10.22533/at.ed.43919240522**

**CAPÍTULO 23 ..... 213**

PROGRAMA DE AQUISIÇÃO DE ALIMENTOS: PROMOÇÃO DA SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL E HÁBITOS ALIMENTARES SAUDÁVEIS A VULNERÁVEIS

Daniele Custódio Gonçalves das Neves  
Kátia Cilene Tabai

**DOI 10.22533/at.ed.43919240523**

**CAPÍTULO 24 ..... 223**

PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO EM BOAS PRÁTICAS NO ÂMBITO ESCOLAR

Simone de Castro Giacomelli  
Ana Lúcia de Freitas Saccol  
Maritiele Naissinger da Silva  
Adriane Rosa Costódio  
Claudia Cristina Winter  
Luisa Helena Hecktheuer

**DOI 10.22533/at.ed.43919240524**

**CAPÍTULO 25 ..... 239**

PRODUÇÃO DE LINGUIÇA FRESCAL E DEFUMADA DE CARPA CAPIM (*Ctenopharyngodon idella*)

Danieli Ludwig  
José Mario Angler Franco  
Camila Jeleski Carlini  
Mariana Costa Ferraz  
Gislaine Hermanns  
Melissa dos Santos Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.43919240525**

<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>246</b>
PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MICROPARTÍCULAS DE <i>Spirulina</i>	
Cíntia Guarienti	
Leticia Eduarda Bender	
Telma Elita Bertolin	
Neila Silvia Pereira dos Santos Richards	
<b>DOI 10.22533/at.ed.43919240526</b>	
<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>255</b>
PROMOÇÃO DA SAÚDE NA ESCOLA: DESCOBRINDO OS ALIMENTOS	
Ana Paula Daniel	
Priscilla Cardoso Martins Nunes	
Jackson Rodrigo Flores da Silva	
Andréia Cirolini	
Leonardo Germano Krüger	
Vanessa Pires da Rosa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.43919240527</b>	
<b>CAPÍTULO 28</b> .....	<b>262</b>
QUALIDADE DE ALBÚMEN DE OVOS DE POEDEIRAS COM IDADE DE POSTURA AVANÇADA EM SISTEMA DE PRODUÇÃO ORGÂNICO	
Bruna Poletti	
Maitê de Moraes Vieira	
Daniela Maia	
<b>DOI 10.22533/at.ed.43919240528</b>	
<b>CAPÍTULO 29</b> .....	<b>269</b>
REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA INDÚSTRIA CERVEJEIRA: BAGAÇO DE MALTE EXTRUSADO PARA A PRODUÇÃO DE PRODUTOS ALIMENTÍCIOS	
Tatielly de Jesus Costa	
Magda Maria Oliveira Inô	
Vanessa Regina Kunz	
Frederick Coutinho de Barros	
<b>DOI 10.22533/at.ed.43919240529</b>	
<b>CAPÍTULO 30</b> .....	<b>279</b>
RESISTÊNCIA AO TRATO GASTROINTESTINAL DE MICROCAPSULAS PROBIÓTICAS OBTIDAS POR COACERVAÇÃO COMPLEXA ASSOCIADA À RETICULAÇÃO ENZIMÁTICA	
Thaiane Marques da Silva	
Vandré Sonza Pinto	
Carlos Raimundo Ferreira Grosso	
Cristiane de Bona da Silva	
Cristiano Ragagnin de Menezes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.43919240530</b>	
<b>CAPÍTULO 31</b> .....	<b>287</b>
SEGURANÇA ALIMENTAR E ESCOLHAS ALIMENTARES DAS FAMÍLIAS BENEFICIADAS PELO PROGRAMA BOLSA FAMÍLIA NO MUNICÍPIO DE CAXIAS DO SUL-RS	
Janaína Cristina da Silva	
Juliana Rombaldi Bernardi	
Francisco Stefani Amaro	
<b>DOI 10.22533/at.ed.43919240531</b>	

<b>CAPÍTULO 32</b> .....	<b>301</b>
TEOR E RENDIMENTO DE EXTRATOS DE FLORES MEDICINAIS E AROMÁTICAS OBTIDOS POR DIFERENTES MÉTODOS DE EXTRAÇÃO	
Felipe de Lima Franzen	
Henrique Fernando Lidório	
Janine Farias Menegaes	
Giane Magrini Pigatto	
Mari Silvia Rodrigues de Oliveira	
Leadir Lucy Martins Fries	
<b>DOI 10.22533/at.ed.43919240532</b>	
<b>CAPÍTULO 33</b> .....	<b>315</b>
VAZÃO DE ÁGUA EM CHILLER INDUSTRIAL: ESTUDO DA INFLUÊNCIA NA TEMPERATURA DA CARÇA DE FRANGO	
Krishna Rodrigues de Rosa	
Elaine de Arruda Oliveira Coringa	
Xisto Rodrigues de Souza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.43919240533</b>	
<b>SOBRE AS ORGANIZADORAS</b> .....	<b>322</b>

## RESISTÊNCIA AO TRATO GASTROINTESTINAL DE MICROCÁPSULAS PROBIÓTICAS OBTIDAS POR COACERVAÇÃO COMPLEXA ASSOCIADA À RETICULAÇÃO ENZIMÁTICA

### **Thaiane Marques da Silva**

Universidade Federal de Santa Maria, Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos  
Santa Maria – Rio Grande do Sul

### **Vandré Sonza Pinto**

Universidade Federal de Santa Maria, Curso de Graduação de Tecnologia em Alimentos  
Santa Maria – Rio Grande do Sul

### **Carlos Raimundo Ferreira Grosso**

Universidade de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos  
Campinas – São Paulo

### **Cristiane de Bona da Silva**

Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Farmácia  
Santa Maria – Rio Grande do Sul

### **Cristiano Ragagnin de Menezes**

Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos  
Santa Maria – Rio Grande do Sul

**RESUMO:** O processo de microencapsulação consiste em reter uma substância em um material transportador. Assim, a coacervação complexa tem sido estudada para a proteção de probióticos. Entretanto, suas microcápsulas apresentam-se frágeis sob certas condições. Assim, compostos têm sido utilizados para

se obter estruturas mais resistentes, como a transglutaminase. Além de proteger os probióticos das condições adversas do alimento, o processo de microencapsulação permite que o probiótico permaneça viável durante a passagem pelo trato gastrointestinal. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar a resistência de microcápsulas contendo *Lactobacillus rhamnosus* obtidas por coacervação complexa e reticuladas com transglutaminase frente às condições gastrointestinais simuladas. Dessa forma, as microcápsulas foram produzidas pela técnica de coacervação complexa seguindo metodologia de Marques da Silva et al. (2018). O processo de reticulação com transglutaminase foi realizado seguindo metodologia de Prata et al. (2008). A resistência ao trato gastrointestinal simulado foi realizada segundo Madureira et al. (2011). Observou-se que as microcápsulas sem reticulação liberaram seu conteúdo na etapa referente ao estômago e o probiótico permaneceu viável ( $6,13 \log \text{ UFC g}^{-1}$ ) até o final do processo (íleo). Em relação às microcápsulas reticuladas com transglutaminase, a liberação dos probióticos ocorreu somente na etapa referente ao duodeno ( $8,10 \log \text{ UFC g}^{-1}$ ) para o tratamento 1, permanecendo viável até o íleo ( $8,08 \log \text{ UFC g}^{-1}$ ), e na etapa referente ao íleo ( $7,85 \log \text{ UFC g}^{-1}$ ) para o tratamento 2. Assim, o processo de reticulação foi extremamente vantajoso, aumentando substancialmente a

resistência das microcápsulas frente ao trato gastrointestinal simulado, aumentando assim, a viabilidade probiótica.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Lactobacillus rhamnosus*; microencapsulação; transglutaminase.

**ABSTRACT:** Microencapsulation process consists of retaining a substance in a carrier material. Thus, complex coacervation has been studied for the protection of probiotics. However, its microcapsules are fragile under certain conditions. Thus, compounds have been used to obtain more resistant structures, such as transglutaminase. In addition to protecting probiotics from adverse food conditions, the microencapsulation process allows the probiotic to remain viable during passage through the gastrointestinal tract. Thus, the objective of this work was to evaluate the resistance of microcapsules containing *Lactobacillus rhamnosus* obtained by complex coacervation and crosslinked with transglutaminase against the simulated gastrointestinal conditions. Thus, the microcapsules were produced by the complex coacervation technique following the methodology of Marques da Silva et al. (2018). The transglutaminase crosslinking process was performed following the methodology of Prata et al. (2008). Resistance to the simulated gastrointestinal tract was performed according to Madureira et al. (2011). Non-crosslinked microcapsules were observed to release their contents in the stomach step and the probiotic remained viable ( $6.13 \log \text{CFU g}^{-1}$ ) until the end of the process (ileum). The transglutaminase crosslinked microcapsules released into the duodenum ( $8.10 \log \text{CFU g}^{-1}$ ) for treatment 1, remained viable until the ileum ( $8.08 \log \text{CFU g}^{-1}$ ), and in the ileum step ( $7.85 \log \text{CFU g}^{-1}$ ) for treatment 2. Thus, the crosslinking process was extremely advantageous, substantially increasing the resistance of the microcapsules to the simulated gastrointestinal tract, thereby increasing probiotic viability.

**KEYWORDS:** *Lactobacillus rhamnosus*; microencapsulação; transglutaminase.

## 1 | INTRODUÇÃO

O mercado de alimentos funcionais tem crescido consideravelmente nos últimos anos, de 33,0 bilhões em 2000 para 176,7 bilhões de dólares em 2013, sendo responsável por um aumento de 5% no mercado global de alimentos. Esse aumento é associado à busca dos consumidores não só por alimentos que forneçam nutrientes, mas por alimentos que promovam a saúde e o bem-estar (RIBEIRO et al., 2014). Nesse sentido, os probióticos surgem como uma alternativa, pois quando vivos e em quantidades adequadas, conferem efeitos benéficos à saúde do hospedeiro (LU; PUTRA & LIU, 2018).

Probióticos podem ser definidos como microrganismos vivos que quando administrados em doses adequadas conferem benefícios à saúde do hospedeiro (FAO/OMS, 2001). Atuam no organismo humano interagindo com bactérias comensais e podem ter impacto direto sobre o hospedeiro, com isso, modulam os efeitos das bactérias potencialmente nocivas, causam impacto no trato gastrointestinal, na digestão, no metabolismo e no sistema imunológico do hospedeiro (BINNS, 2013).

O processo de microencapsulação consiste em reter uma substância (agente ativo) em um material transportador (material de parede) (DEVI et al., 2016). Além de proteger os probióticos das condições adversas presentes no suco de fruta, a microencapsulação permite que o probiótico permaneça viável durante a passagem pelo trato gastrointestinal e que chegue no local de ação (cólon) em quantidades adequadas (ERATTE et al., 2018).

A técnica mais antiga de microencapsulação é a coacervação complexa. Esta técnica consiste na separação de fases entre biopolímeros carregados com cargas opostas através da interação eletrostática. Os coacervados geralmente são produzidos a partir de proteínas e polissacarídeos, assim, podem ter uma ampla gama de funcionalidades em vários produtos (EGHBAL & CHOUDHARY, 2018).

Apesar da coacervação complexa ser uma técnica amplamente utilizada, as microcápsulas obtidas por coacervação complexa são também conhecidas por serem frágeis sob certas condições. Sendo assim, alguns compostos têm sido utilizados com o intuito de se obter estruturas mais resistentes. Entre estes compostos, está a transglutaminase (COMUNIAN et al., 2016).

A transglutaminase é uma enzima que catalisa reações de reticulação entre lisina e glutamina, aumentando a estabilidade das microcápsulas por reforçar a estrutura interna das mesmas (MURPHY; FARKAS; JONES, 2017). A transglutaminase promove alterações significativas como melhoramento da textura, estabilidade, gelificação, potencial de emulsificação e capacidade de ligação à água, sem alteração negativa na qualidade sensorial e nutricional (GHARIBZAHEDI et al., 2017). Além disso, em estudos com probióticos, a transglutaminase demonstrou não ter influência negativa no crescimento das células bacterianas (PAVUNC et al., 2011), além de aumentar a resistência de microcápsulas probióticas expostas ao suco gástrico e propiciar maior liberação em suco intestinal (YEW et al., 2011).

Diante do exposto, ressalta-se a importância do presente trabalho no sentido de melhorar as microcápsulas obtidas por coacervação complexa, para que se possa com isso, aumentar a viabilidade dos probióticos. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é desenvolver microcápsulas probióticas por coacervação complexa induzida pela reticulação enzimática, analisando estas microcápsulas frente às condições adversas do trato gastrointestinal simulado.

## 2 | METODOLOGIA

Até o momento da utilização, os *Lactobacillus rhamnosus* foram armazenados sob congelamento (-18°C) em freezer. Para ativá-los, pesou-se 1 g dos mesmos e adicionou-se em 100 mL de caldo MRS, incubando por 16 horas, a 37°C. Após, a cultura ativada foi centrifugada a 2470 x g, a 4°C, por 15 minutos e lavada com solução de NaCl (0,85%) por duas vezes. As células foram então suspensas em solução salina

para obtenção de aproximadamente 10 log UFC mL<sup>-1</sup>.

Para produção das microcápsulas, foi utilizada a metodologia descrita por Marques da Silva et al. (2018). Primeiramente, a cultura ativada foi adicionada a 100 mL de gelatina 2,5%, mantendo sob agitação com agitador magnético com aquecimento (Centaurus, Paraná, Brasil) (48-50°C) por 10 minutos para homogeneização dos microorganismos. Após essa etapa, foram adicionados 100 mL de goma arábica 2,5% e 400 mL de água destilada estéril, mantendo sob agitação e aquecimento (50 ± 2°C); ajustando em seguida o pH para 4,0, com solução de ácido clorídrico (HCl) 0,1M. Após esta etapa, o aquecimento foi desligado, mantendo-se sob agitação, deixando-se esfriar naturalmente a aproximadamente 30°C, e após, o abaixamento da temperatura foi realizado até atingir a temperatura de 12 – 10°C, com auxílio de banho de gelo. Foi realizada a sedimentação e o coacervado foi retirado por filtração em peneira com porosidade de 0,038 mm (400 mesh).

A reticulação enzimática foi realizada de acordo com Prata et al. (2008), com modificação. A enzima transglutaminase (Ajinomoto, 100 U/g de atividade) foi adicionada às microcápsulas prontas na concentração de 2,5 e 5,0 U/g de proteína, que corresponderam aos tratamentos 1 e 2, respectivamente. A reação foi realizada a 25°C durante 15 horas sob agitação constante.

Após, a sobrevivência das culturas probióticas microencapsuladas submetidas às condições gástricas e entéricas simuladas foram avaliadas de acordo com a metodologia descrita por Madureira et al. (2011), com modificações. Nesta técnica, a viabilidade das microcápsulas probióticas será avaliada sequencialmente em meios que simulam as diferentes seções do trato gastrointestinal (esôfago/estômago, duodeno e íleo). Para esta análise, foram utilizadas alíquotas de 1 g de microcápsulas. Na etapa esôfago-estômago foram utilizados 25 mg.mL<sup>-1</sup> de pepsina (Sigma), preparada em HCl 0,1 N; esta solução foi adicionada, em alíquotas iguais, durante toda a fase gástrica, a uma concentração de 0,05 mL.mL<sup>-1</sup> durante 90 min, a 130 rpm; sendo o pH ajustado até 2,0 utilizando HCl 1 M. Na etapa referente ao duodeno foi utilizada, a uma concentração de 0,25 mL.mL<sup>-1</sup>, uma solução contendo 2 g.L<sup>-1</sup> de pancreatina (Sigma) e 12 g.L<sup>-1</sup> de sais biliares bovinos (Sigma), preparadas em NaHCO<sub>3</sub> 0,1 M, por 20 minutos, a 45 rpm. Finalmente, a etapa referente ao íleo foi realizada por um aumento do pH para 6,5 utilizando uma solução de NaHCO<sub>3</sub> 0,1 M, por 90 minutos, a 45 rpm. Todas as soluções foram preparadas no momento da utilização e esterilizadas com membrana de poro 0,20 µm (Minisart, Sartorius Stedim Biotech, Alemanha). A análise foi conduzida em uma incubadora refrigerada tipo Shaker (TE-421, Tecnal, Brasil) mantida a 37°C com o intuito de simular a temperatura do corpo humano e agitação mecânica foi utilizada em paralelo para simular os movimentos peristálticos intestinais, com intensidades semelhantes às alcançadas em cada seção do trato digestivo. Ao final de cada etapa, foram retiradas alíquotas para a contagem das células viáveis. Os resultados foram expressos em log UFC.mL<sup>-1</sup>.

### 3 | RESULTADOS

Os resultados obtidos para a exposição das microcápsulas ao trato gastrointestinal simulado estão expressos no Gráfico 1.

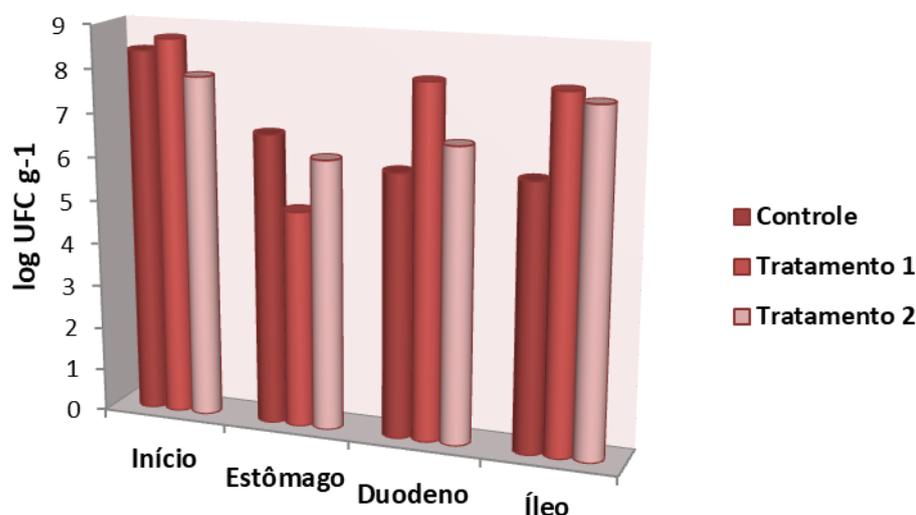


Gráfico 1 – Exposição das microcápsulas ao trato gastrointestinal simulado. Controle – microcápsulas sem reticulação; tratamento 1 – microcápsulas reticuladas com 2,5 U de enzima/g de proteína; tratamento 2 - microcápsulas reticuladas com 5 U de enzima/g de proteína

Observa-se por meio do Gráfico 1 que as microcápsulas sem reticulação (tratamento controle) não ofereceram uma maior proteção aos probióticos frente ao trato gastrointestinal simulado, pois liberaram todo seu conteúdo na etapa referente ao estômago, apresentando contagens de células viáveis de 8,14 log UFC g<sup>-1</sup> no início do processo e 6,13 log UFC g<sup>-1</sup> na etapa referente ao íleo, resultando em uma redução de aproximadamente 2 log UFC g<sup>-1</sup>.

Em relação às microcápsulas reticuladas com transglutaminase, para o tratamento 1 observa-se que os probióticos foram liberados das microcápsulas na etapa referente ao duodeno (8,10 log UFC g<sup>-1</sup>), apresentando contagens de células viáveis de 8,70 log UFC g<sup>-1</sup> no início do processo e permanecendo viável até o íleo (8,08 log UFC g<sup>-1</sup>). Já para o tratamento 2, os probióticos foram liberados das microcápsulas somente na etapa referente ao íleo, apresentando contagens de células viáveis de 7,89 log UFC g<sup>-1</sup> no início do processo e 7,35 log UFC g<sup>-1</sup> no final do processo.

### 4 | DISCUSSÃO

A microencapsulação dos probióticos é um método emergente para reduzir a perda da viabilidade celular durante a passagem pelo trato gastrointestinal, bem como uma alternativa de liberação controlada no trato intestinal (COOK; CHARALAMPOULOS; TZORTZIS & KHUTORANSKIY, 2012).

Comparando-se os tratamentos 1 e 2 ao tratamento controle, nota-se uma proteção substancialmente maior nos tratamentos 1 e 2, pois os probióticos foram liberados das microcápsulas somente nas etapas referentes ao duodeno e íleo, respectivamente, em contrapartida ao controle que liberou os probióticos na etapa referente ao estômago, o que não é desejável devido aos probióticos apresentarem sensibilidade ao suco gástrico, o que pode levar a perda da sua viabilidade devido ao pH extremamente ácido (COOK; CHARALAMPOULOS; TZORTZIS & KHUTORYANSKIY, 2012; ZANJANI; TARZI; SHARIFAN & MOHAMMADI, 2014), como é demonstrado no tratamento controle.

Em relação aos tratamentos 1 e 2, o resultado era esperado, pois a transglutaminase faz ligações cruzadas entre as proteínas, resultando em uma maior resistência à parede das microcápsulas devido ao aumento da sua estabilidade e permitindo que elas só sejam rompidas no trato intestinal (COOK; CHARALAMPOULOS; TZORTZIS & KHUTORYANSKIY, 2012; MURPHY; FARKAS & JONES, 2017). Além disso, este comportamento é adequado aos probióticos, pois é interessante que eles sejam liberados somente na etapa intestinal para que os probióticos cheguem ao intestino grosso em quantidades adequadas para garantir a sua colonização e proliferação (SHORI, 2017).

Os resultados estão de acordo com Marques da Silva et al. (2018) onde foram observadas reduções nas contagens de células viáveis de *Bifidobacterium lactis* encapsulado por coacervação complexa e expostos a condições gastrointestinais simuladas. Etchepare et al. (2016) também observaram o mesmo comportamento ao encapsular *L. acidophilus* por gelificação iônica e expor as microcápsulas à condições gastrointestinais simuladas.

Em relação ao processo de reticulação com transglutaminase, resultado similar ao presente trabalho foi encontrado por Chen, Li, Liu & Meng (2017) ao utilizar a transglutaminase para induzir a gelificação iônica na microencapsulação de *L. bulgaricus*. Neste estudo, foi observado que quando as microcápsulas foram expostas ao trato gastrointestinal simulado, as microcápsulas começaram a liberar seu conteúdo no suco gástrico ( $7,5 \log \text{ UFC g}^{-1}$ ) e tendo sua liberação total no suco intestinal ( $9,3 \log \text{ UFC g}^{-1}$ ). Este resultado afirma que o processo de reticulação com transglutaminase é eficiente em oferecer maior resistência às microcápsulas e, conseqüentemente, maior proteção aos probióticos.

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, o processo de coacervação complexa associada à reticulação com transglutaminase mostrou-se adequado, aumentando consideravelmente a resistência das microcápsulas frente ao trato gastrointestinal simulado e assim, protegendo de forma eficaz os probióticos.

## REFERÊNCIAS

- BINNS, N. (2013). **Probióticos, prebióticos e a microbiota intestinal**. Europe Concise Monograph Series, ILSI – International Life Sciences Institute, p. 1-44.
- CHEN, H-Y.; LI, X-Y.; LIU, B-J. & MENG, X-H. (2017). **Microencapsulation of Lactobacillus bulgaricus and survival assays under simulated gastrointestinal conditions**. Journal of Functional Foods, v. 29, p. 248-255.
- COMUNIAN, T. A.; GOMEZ-ESTACA, J.; FERRO-FURTADO, R.; CONCEIÇÃO, G. J. A.; MORAES, I. C. F.; CASTRO, I. A. & FAVARO-TRINDADE, C. S. (2016). **Effect of different polysaccharides and crosslinkers on echium oil microcapsules**. Carbohydrate Polymers, v. 150, p. 319-329.
- COOK, M. T.; CHARALAMPOULOS, D.; TZORTZIS, G. & KHUTORANSKIY, V. V. (2012). **Microencapsulation of probiotics for gastrointestinal delivery**. Journal of Controlled Release, v. 162, p. 56-67.
- DEVI, N.; SARMAH, M.; KATHUN, B. & MAJI, T. K. (2016). **Encapsulation of active ingredients in polysaccharide-protein complex coacervates**. Advances in Colloid and Interface Science.
- EGHBAL, N.; CHOUDHARY, R. (2018). **Complex coacervation: Encapsulation and controlled release of active agents in food systems**. LWT - Food Science and Technology, v. 90, p. 254-264.
- ERATTE, D.; DOWLING, K.; BARROW, C. J. & ADHIKARI, B. (2018). **Recent advances in the microencapsulation of omega-3 oil and probiotic bacteria through complex coacervation: A review**. Trends in Food Science & Technology, v. 71, p. 121-131.
- ETCHEPARE, M. A.; RADDATZ, G. C.; FLORES, E. M. M.; ZEPKA, L. Q.; JACOB-LOPES, E.; BARIN, J. S.; GROSSO, C. R. F. & MENEZES, C. R. (2016). **Effect of resistant starch and chitosan on survival of Lactobacillus acidophilus microencapsulated with sodium alginate**. Food Science and Technology, v. 65, p. 511–517.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Evaluation of health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic acid bacteria**. Córdoba, 2001. 34p. Disponível em: <[http://www.who.int/foodsafety/publications/fs\\_management/en/probiotics.pdf](http://www.who.int/foodsafety/publications/fs_management/en/probiotics.pdf)>. Acesso em: 10 jan. 2019. [Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation].
- GHARIBZAHEDI, S. M. T.; KOUBAA, M.; BARBA, F. J.; GREINER, R.; GEORGE, S. & ROOHINEJAD, S. (2017). **Recent advances in the application of microbial transglutaminase crosslinking in cheese and ice cream products: A review**. International Journal of Biological Macromolecules, v. 107, p. 2364-2374.
- LU, Y.; PUTRA, S. D. & LIU, S-Q. (2018). **A novel non-dairy beverage from durian pulp fermented with selected probiotics and yeast**. International Journal of Food Microbiology, v. 265, p. 1-8.
- MADUREIRA, A. R., AMORIM, M., GOMES, A. M., PINTADO, M. E. & MALCATA, F. X. (2011). **Protective effect of whey cheese matrix on probiotic strains exposed to simulated gastrointestinal conditions**. Food Research International, 44, 465–470.
- MARQUES DA SILVA, T.; LOPES, E. J.; CODEVILLA, C. F.; CICHOSKI, A. J.; FLORES, E. M. M.; MOTTA, M. H.; SILVA, C. B.; GROSSO, C. R. F. & MENEZES, C. R. (2018). **Development and characterization of microcapsules containing Bifidobacterium Bb-12 produced by complex coacervation followed by freeze drying**. LWT - Food Science and Technology, v. 90, p. 412-417.
- MURPHY, R. W.; FARKAS, B. E. & JONES, O. G. (2017). **Effect of crosslinking on the physical and chemical properties of  $\beta$ -lactoglobulin (Blg) microgels**. Journal of Colloid and Interface Science, v. 505, p. 736-744.

PAVUNC, A. L.; BEGANOVIC, J.; KOS, B.; BUNETA, A.; BELUHAN, S. & SUSKOVIC, J. (2011). **Influence of microencapsulation and transglutaminase on viability of probiotic strain *Lactobacillus helveticus* M92 and consistency of set yoghurt.** International Journal of Dairy Technology, v. 64, p. 254-261.

PRATA, A. S.; ZANIN, M. H. A.; RÉ, M. I. & GROSSO, C. R. F. (2008). **Release properties of chemical and enzymatic crosslinked gelatina-gum Arabic microparticles containing a fluorescent probe plus vetiver essential oil.** Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, v. 67, p. 171-178.

RIBEIRO, M. C. E.; CHAVES, K. S.; GEBARA, C.; INFANTE, F. N. S., GROSSO, C. R. F. & GIGANTE, M. L. (2014). **Effect of microencapsulation of *Lactobacillus acidophilus* LA-5 on physicochemical, sensory and microbiological characteristics of stirred probiotic yoghurt.** Food Research Internacional, v. 66, p. 424-431.

SHORI, A. B. (2017). **Microencapsulation improved probiotics survival during gastric transit.** Hayati Journal of Biosciences, v. 24, p. 1-5.

YEW, S.; LIM, T.; LEW, L.; BHAT, R.; MAT-EASA, A. & MIN-TZE, L. (2011). **Development of a probiotic delivery system from agrowastes, soy protein isolate, and microbial transglutaminase.** Journal of Food Science, v. 76, p. 108-115.

ZANJANI, M. A. K.; TARZI, B. G.; SHARIFAN, A. & MOHAMMADI, N. (2014). **Microencapsulation of probiotics by calcium alginate-gelatinized starch with chitosan coating and evaluation of survival in simulated human gastro-intestinal condition.** Iranian Journal of Pharmaceutical Research, v. 13, p. 843-852.

## **SOBRE AS ORGANIZADORAS**

**VANESSA BORDIN VIERA** bacharel e licenciada em Nutrição pelo Centro Universitário Franciscano (UNIFRA). Mestre e Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Docente no Instituto Federal do Amapá (IFAP). Editora da subárea de Ciência e Tecnologia de Alimentos do Journal of bioenergy and food science. Líder do Grupo de Pesquisa em Ciência e Tecnologia de Alimentos do IFAP. Possui experiência com o desenvolvimento de pesquisas na área de antioxidantes, desenvolvimento de novos produtos, análise sensorial e utilização de tecnologia limpas.

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

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-343-9

