



**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^a Dr^a 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^a Dr^a 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^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof^a Dr^a Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a 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^a Dr^a 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^a Dr^a 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.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof.^a Dr.^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof.^a Dr.^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof.^a Dr.^a Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.^a Dr.^a 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.^a Dr.^a 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.^a Dr.^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof.^a 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.^a Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará

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

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

APRESENTAÇÃO

O *e-book* *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

CAPÍTULO 26 246

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MICROPARTÍCULAS DE *Spirulina*

Cíntia Guarienti
Leticia Eduarda Bender
Telma Elita Bertolin
Neila Silvia Pereira dos Santos Richards

DOI 10.22533/at.ed.43919240526

CAPÍTULO 27 255

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

DOI 10.22533/at.ed.43919240527

CAPÍTULO 28 262

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

DOI 10.22533/at.ed.43919240528

CAPÍTULO 29 269

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

DOI 10.22533/at.ed.43919240529

CAPÍTULO 30 279

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

DOI 10.22533/at.ed.43919240530

CAPÍTULO 31 287

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

DOI 10.22533/at.ed.43919240531

CAPÍTULO 32 301

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

DOI 10.22533/at.ed.43919240532

CAPÍTULO 33 315

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

DOI 10.22533/at.ed.43919240533

SOBRE AS ORGANIZADORAS 322

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

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

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

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⁻¹.

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⁻¹ 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⁻¹ 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⁻¹, uma solução contendo 2 g.L⁻¹ de pancreatina (Sigma) e 12 g.L⁻¹ de sais biliares bovinos (Sigma), preparadas em NaHCO₃ 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 NaHCO₃ 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⁻¹.

3 | RESULTADOS

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

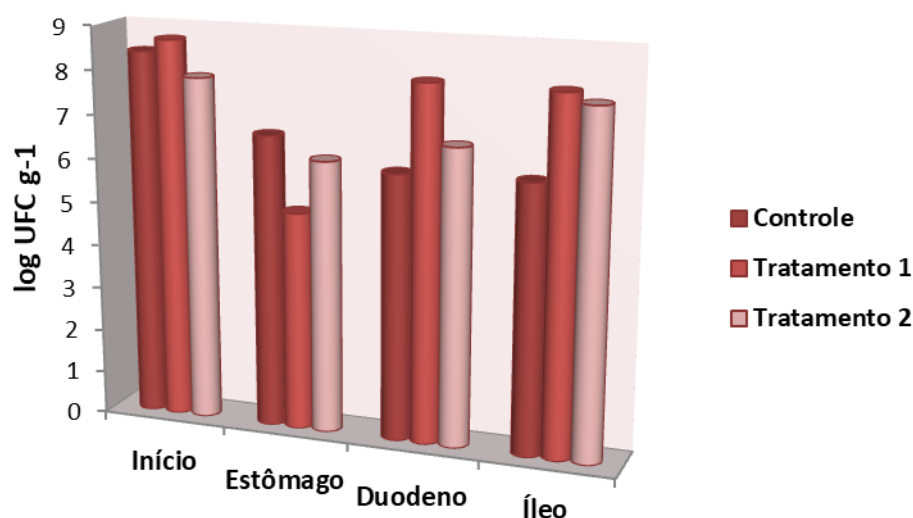


Gráfico 1 – Exposição das microcápsulas ao trato gastrointestinal simulado. Controle – microcápsulas sem reticulação; tratamento 1 – microcápsulas reticuladas com 2,5 U de enzima/g de proteína; tratamento 2 - microcápsulas reticuladas com 5 U de enzima/g de proteína

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⁻¹ no início do processo e 6,13 log UFC g⁻¹ na etapa referente ao íleo, resultando em uma redução de aproximadamente 2 log UFC g⁻¹.

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⁻¹), apresentando contagens de células viáveis de 8,70 log UFC g⁻¹ no início do processo e permanecendo viável até o íleo (8,08 log UFC g⁻¹). 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⁻¹ no início do processo e 7,85 log UFC g⁻¹ 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 & KHUTORYANSKIY, 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>. 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 β -lactoglobulin (Blg) microgels**. Journal of Colloid and Interface Science, v. 505, p. 736-744.

PAVUNC, A. L.; BEGANOVIC, J.; KOS, B.; BUNETI, 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

