



**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

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE MICROPARTÍCULAS DE *Spirulina*

Cíntia Guarienti

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha, Tecnologia em Alimentos
Santo Augusto – RS

Leticia Eduarda Bender

Universidade de Passo Fundo, Engenharia de Alimentos
Passo Fundo – RS

Telma Elita Bertolin

Universidade de Passo Fundo, Ciência e Tecnologia dos Alimentos
Passo Fundo - RS

Neila Silvia Pereira dos Santos Richards

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

RESUMO: O trabalho objetivou determinar a eficiência de encapsulação, a composição proximal, avaliar o perfil de liberação e o comportamento térmico de micropartículas de *Spirulina* produzidas pela técnica de gelificação iônica. Foram produzidas micropartículas de *Spirulina* através da técnica de gelificação iônica com alginato de sódio e cloreto de cálcio, e foram determinadas a eficiência de encapsulação, a composição proximal da micropartícula e da *Spirulina*, o perfil de liberação de ficocianina da micropartícula em meio ácido e básico e a atividade antioxidante em temperaturas de 50,

100 e 120 °C. A eficiência de encapsulação obtida de $91,7 \pm 0,25$ %. A micropartícula manteve sua estrutura íntegra em pH ácido (1,2) retendo a ficocianina em seu interior, e em meio básico (pH 7,4) houve rompimento da micropartícula e liberação do material encapsulado. A temperatura de 50 °C, por 60 minutos, não afetou a atividade antioxidante da *Spirulina*, enquanto em temperatura de 120 °C a atividade foi reduzida significativamente. As micropartículas apresentaram maior estabilidade térmica a 100 °C, mantendo a atividade antioxidante, enquanto a *Spirulina* livre reduziu atividade de forma significativa. A microencapsulação de *Spirulina* pela técnica de gelificação iônica mostra-se como uma alternativa viável para a incorporação da mesma em diferentes matrizes alimentares.

PALAVRAS-CHAVE: *Spirulina*; micropartículas; antioxidante.

ABSTRACT: The objective of this work was to determine encapsulation efficiency, proximal composition, and to evaluate the release profile and thermal behavior of *Spirulina* microparticles produced by the ionic gelation technique. *Spirulina* microparticles were produced by the ionic gelation technique with sodium alginate and calcium chloride, and encapsulation efficiency, microparticle and *Spirulina* proximal composition, the phycocyanin release profile of

the microparticle in acidic and basic medium and the antioxidant activity at temperatures of 50, 100 and 120 °C were determined. The encapsulation efficiency obtained was $91.7 \pm 0.25\%$. The microparticle maintained its entire structure at acidic pH (1.2) retaining the phycocyanin inside, and in basic media (pH 7.4) there was a rupture of the microparticle and release of the encapsulated material. The temperature of 50 °C for 60 minutes did not affect the antioxidant activity of *Spirulina*, while at 120 °C the activity was significantly reduced. The microparticles presented higher thermal stability at 100°C, maintaining the antioxidant activity, while free *Spirulina* reduced activity significantly. The microencapsulation of *Spirulina* by the ionic gelation technique is shown as a viable alternative for the incorporation in different food matrices.

KEYWORDS: *Spirulina*; microparticles; antioxidant.

1 | INTRODUÇÃO

A indústria de alimentos tem sido constantemente desafiada a ofertar diferentes produtos pra atender aos atributos desejados pelo consumidor, incluindo a praticidade no consumo, a atratividade sensorial e a saudabilidade. O desenvolvimento de alimentos com ingredientes bioativos que trazem, além do aporte nutricional, benefícios à saúde e ao bem-estar, é um nicho de mercado que está em constante expansão e que pode ser direcionado de acordo com as necessidades do público consumidor.

Um dos maiores desafios da indústria é assegurar que os ingredientes funcionais permaneçam ativos e biodisponíveis depois do processamento, do armazenamento, do preparo e da ingestão do alimento (CROZIER; JAGANATH; CLIFFORD, 2009). Esta busca pela manutenção das características e da biodisponibilidade desejadas, bem como, a intenção de inserir compostos bioativos em outras matrizes alimentícias, despertou o interesse pelas técnicas de microencapsulação.

A indústria de alimentos é considerada a segunda principal força motriz do progresso da microencapsulação, tendo como principal motivação as exigências dos consumidores sobre os requisitos dos produtos (PAULO; SANTOS, 2017). Dentre os objetivos da utilização dessa técnica destacam-se a proteção dos produtos e compostos de condições ambientais adversas (do produto, do processo ou do organismo), prolongamento da vida útil, atenuação de sabores e odores desagradáveis e entrega controlada ou dirigida após a ingestão (DOHERTY et al., 2011; SILVA et al., 2013). A liberação pode ser adaptada de acordo com a aplicação final do produto microencapsulado e pode ocorrer através de diferentes mecanismos, por exemplo, ação mecânica, gradientes de calor, difusão, modificação de pH, biodegradação e dissolução (DIAS; FERREIRA; BARREIRO, 2015).

A técnica de microencapsulação por gelificação iônica é a mais comumente utilizada para proteger materiais sensíveis às condições ambientais e para estender a vida útil de compostos bioativos (PAN-UTAI; IAMTHAM, 2018). As partículas são foadas através de uma única etapa, por um mecanismo simples, que envolve,

pelo menos, um polímero e um agente de complexação (CAETANO; ALMEIDA; GONÇALVES, 2016). O processo consiste em adicionar o polímero formador de gel no agente reticulante sob agitação e não requer o uso de solventes ou altas temperaturas (COMUNIAN et al., 2017). A base do processo é a reticulação de cadeias polieletrólíticas, geralmente alginato, na presença de cátions divalentes (VASILE; JUDISA; MAZZOBRE, 2018), ocorrendo com mais facilidade quando os cátions são Ca^{++} ou Mg^{++} (COMUNIAN; FAVARO-TRINDADE, 2016). O uso de íons cálcio, além de produzir melhores resultados, também é interessante devido à aceitabilidade pelo organismo humano, pelo fato de ser o principal componente do sistema esquelético e por atuar na regulação de diversos processos fisiológicos (AGUERO et al., 2017).

A *Spirulina* é uma microalga que apresenta destacada importância nutricional devido à variedade de macro e micronutrientes que contém (HOISEINI et al., 2013), além de possuir evidenciado potencial antioxidante (HERNÁNDEZ-LEPE et al., 2015). No Brasil, a *Spirulina* é reconhecida como ingrediente pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Esse material possui limitantes na incorporação em alimentos, principalmente por atributos sensoriais característicos e pela instabilidade a altas temperaturas, sobretudo da ficocianina, que é o principal componente antioxidante presente na microalga.

O objetivo desse estudo foi determinar a composição proximal, avaliar o perfil de liberação e o comportamento térmico de micropartículas de *Spirulina* produzidas pela técnica de gelificação iônica.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Microencapsulação

A *Spirulina* utilizada nesse estudo foi a LEB-18 adquirida do Laboratório de Engenharia Bioquímica (LEB) da Universidade Federal do Rio Grande (FURG) na forma de pellet. A amostra seca foi moída utilizando moinho de facas e para padronização da granulometria foi utilizada peneira de 40 mesh. Para realizar a microencapsulação foi utilizado o método de gelificação iônica por extrusão seguindo os princípios descritos por Yan et al. (2014) com modificações. Foi utilizado alginato de sódio como matriz de encapsulação (1 %) e cloreto de cálcio como agente de reticulação (2%). A *Spirulina* foi misturada ao material encapsulante na proporção de 4:1, e a mistura foi submetida ao processo de extrusão (aspersão) utilizando um bico atomizador com abertura de 0,7 mm de diâmetro. O material foi aspergido na solução reticulante, sob agitação magnética constante, e permaneceu nessa condição por 30 minutos. As micropartículas foram lavadas com água destilada por 3 vezes para remoção de resíduos da solução de cloreto de cálcio e coletadas através de filtração. Foram acondicionadas a -80°C em ultrafreezer (24 h) e em seguida liofilizadas a -40°C .

2.2 Eficiência De Encapsulação

A eficiência de encapsulação foi calculada através da quantificação da ficocianina, utilizando a equação de Bennett e Bogoard (1973) (Equação 1). A quantificação de ficocianina foi escolhida como parâmetro, em função de ser o principal componente antioxidante da *Spirulina* e a coloração azulada característica deste componente pode ser observada na solução residual de cloreto ao final do processo. Por se tratar de um componente hidrossolúvel, a ficocianina pode ser solubilizada e liberada antes de ter ocorrido à completa coagulação/gelificação através do contato com a solução de cálcio.

$$PC (mg. mL^{-1}) = \frac{A_{615} - 0,474 \times A_{652}}{5,34} \quad (1)$$

Sendo:

PC = Concentração de ficocianina;

A615 = absorbância da amostra a 615 nm;

A652 = absorbância da amostra a 652 nm.

O cálculo da eficiência de encapsulação consistiu na relação entre o valor adicionado no início do processo e o valor de material não encapsulado de acordo com a Equação 2.

$$EE(\%) = \frac{(m_i - m_r)}{m_i} \times 100 \quad (2)$$

Sendo:

m_i = valor inicial de material adicionado antes do processo de encapsulação; m_r = valor de material não encapsulado (residual).

2.3 Composição Proximal

A *Spirulina* e as micropartículas foram caracterizadas através da determinação de umidade, lipídios, proteína e cinzas propostas pelo IAL (2008) e o cálculo de carboidratos foi realizado por diferença. A umidade foi determinada em estufa a temperatura de 105 °C. O teor de minerais foi realizado em mufla a 550 °C. O conteúdo de lipídios foi quantificado através extrator de Soxhlet, utilizando hexano como solvente durante 4 horas de refluxo, sendo os resultados calculados por diferença gravimétrica. A quantificação de proteínas foi realizada pelo método de Kjeldhal. Todos os ensaios foram realizados em triplicata.

2.4 Perfil De Liberação

A avaliação da liberação da *Spirulina* presente nas microcápsulas foi realizada

em solução ácida (pH 1,2) e em solução alcalina (pH 7,4), utilizando temperatura de 37 ° C e agitação de 150 rpm (CRUZ, 2004). Os meios ácido e alcalino foram compostos por solução de ácido clorídrico com ajuste do pH para 1,2 e tampão fosfato de sódio com pH de 7,4, respectivamente. O ajuste de pH foi realizado com soluções de NaOH e HCl. Foi realizado o acompanhamento da liberação ao longo do tempo, a cada 60 minutos, por um período de 2 horas em meio ácido e após 2 horas em meio alcalino. O perfil de liberação foi avaliado pela disponibilização da ficocianina no meio de acordo com a Equação de Bennett e Bogoard (1973) (Equação 1) e expresso em porcentagem de liberação ao longo do tempo.

2.5 Comportamento Térmico

A *Spirulina* livre e encapsulada foi submetida à temperatura de 50, 100 e 120°C por 60 minutos em estufa. Foi avaliada a atividade antioxidante pelo método de ABTS no tempo inicial e após o tempo de aquecimento. O método de ABTS seguiu o protocolo básico de Re et al. (1999) com algumas adaptações. Foram introduzidos 20 µL de amostra e 980 µL de solução etanólica de ABTS. As amostras foram previamente submetidas à agitação em vórtex por 1 minuto em solução de citrato de sódio 2% para promover o rompimento das cápsulas e quantificar a atividade. Os resultados foram calculados em mmol de Trolox.g *Spirulina*⁻¹ de acordo com curva padrão previamente construída.

2.6 Análise Estatística

Os resultados foram submetidos a comparação de médias pelo teste t de Student, utilizando nível de significância de 5 %.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Eficiência De Encapsulação

A eficiência de encapsulação foi de $91,7 \pm 0,25$ %, considerada satisfatória, pois permitiu a formação de micropartículas com aproximadamente 70 % de *Spirulina*. A eficiência de encapsulação obtida foi elevada mesmo utilizando maior quantidade de *Spirulina* que de encapsulante, tornando o material encapsulado predominante na micropartícula formada. Isso possibilita a incorporação desse material em diferentes produtos sem a necessidade de utilizar quantidades muito superiores do que seria acrescido na forma livre. De acordo com Comunian e Favaro-Trindade (2016), menores quantidades de microcápsulas adicionadas nas formulações dificultam a percepção destas pelo consumidor, favorecendo a manutenção de características sensoriais do produto, como textura e sabor.

3.2 Caracterização Físico-Química

A *Spirulina*, encapsulada ou não, foi caracterizada de acordo com a composição proximal apresentada na Tabela 1. Os valores estão apresentados como média \pm desvio padrão, em base seca. Os teores de umidade encontrados nos materiais foram de $12,32 \pm 0,15$ % e $9,96 \pm 0,06$ %, para *Spirulina* livre e encapsulada, respectivamente.

	Composição (%)	
	<i>Spirulina</i>	<i>Spirulina</i> Encapsulada
Proteínas	$61,0 \pm 0,48^a$	$41,0 \pm 0,26^b$
Lipídios	$1,6 \pm 0,64^a$	$2,2 \pm 0,28^a$
Minerais	$10,8 \pm 0,10^b$	$15,2 \pm 0,24^a$
Carboidratos	$26,6 \pm 0,92^b$	$41,6 \pm 0,08^a$

Tabela 1 Caracterização físico-química das microscápsulas

* Letras diferentes na mesma linha representam diferença significativa ($p \leq 0,05$)

A diferença nos teores dos componentes das amostras é explicada pela mistura de material encapsulante e de *Spirulina* que foram utilizados na preparação das micropartículas. O teor de proteína diminuiu no material encapsulado em relação ao material livre, pois na micropartícula tem-se cerca de 30 % menos microalga, que é a fonte proteica do material. Obteve-se aumento na porcentagem de minerais nas micropartículas devido à presença de sais no processo de encapsulação: o sódio presente no alginato e o cálcio utilizado na reticulação. O teor de carboidratos também aumentou em relação ao material livre, pois o alginato é um polissacarídeo.

3.3 Perfil De Liberação

A Figura 1 apresenta o perfil de liberação de ficocianina do material encapsulado. Nos primeiros 120 minutos, quando o material foi submetido à imersão em solução ácida, a liberação foi limitada ($< 1,5$ %). O contato do material com a solução alcalina promoveu um aumento crescente e gradual, entre 120 e 180 minutos. Após esse período o patamar de liberação foi alcançado (cerca de 85 %). O perfil de liberação obtido é característico do material de parede utilizado, pois os grupos carboxílicos do alginato formam estruturas insolúveis em $\text{pH} < 3,4$ pois estão na forma não ionizada, enquanto em pH próximo a 7,4, ocorre a ionização e a repulsão eletrostática entre as cargas negativas, que pode causar expansão da cadeia de alginato e, conseqüentemente, liberação do material encapsulado (AGÜERO et al., 2017). Dessa forma, as micropartículas resistem ao pH estomacal e são liberadas em condições de pH intestinal, o que pode representar uma vantagem do ponto de vista da manutenção da atividade biológica dos componentes pois o pH ácido e a transição de pH ácido para básico podem promover alterações estruturais e funcionais nos componentes

bioativos.

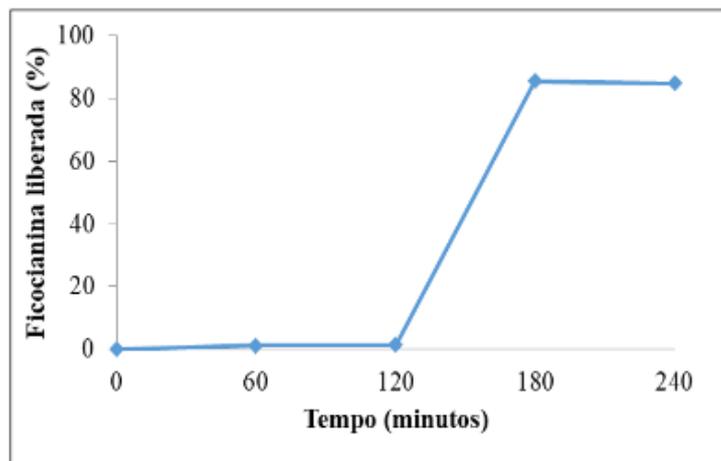


Figura 1: Perfil de Liberação das Micropartículas de Spirulina

3.4 Estabilidade Térmica

As Figuras 2 e 3 apresentam a atividade antioxidante da *Spirulina* livre e microencapsulada, respectivamente, quando submetidas às temperaturas de 50, 100 e 120°C por 60 minutos. Após o período de aquecimento a 50°C verificou-se que a atividade antioxidante das amostras não sofreu alteração. Quando foi utilizada a temperatura de 120°C, ambas as amostras apresentaram perda significativa de atividade antioxidante, demonstrando sua instabilidade térmica. Já na temperatura de 100°C ocorreu redução significativa na atividade antioxidante da *Spirulina* livre, porém no material encapsulado a atividade foi mantida, o que remete a proteção dos compostos quando submetidos ao processo de microencapsulação.

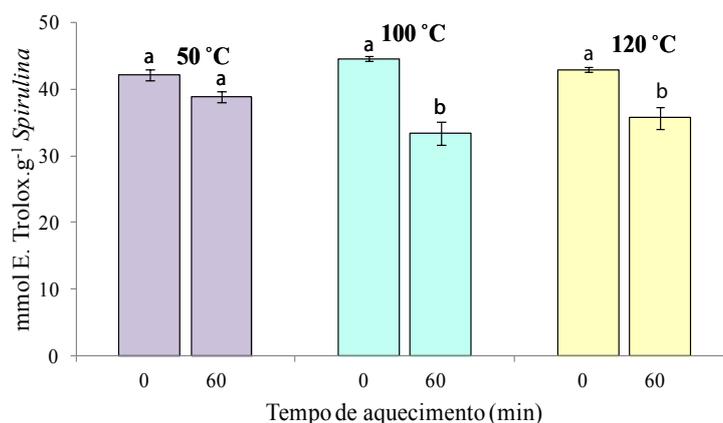


Figura 2: Estabilidade Térmica da *Spirulina*

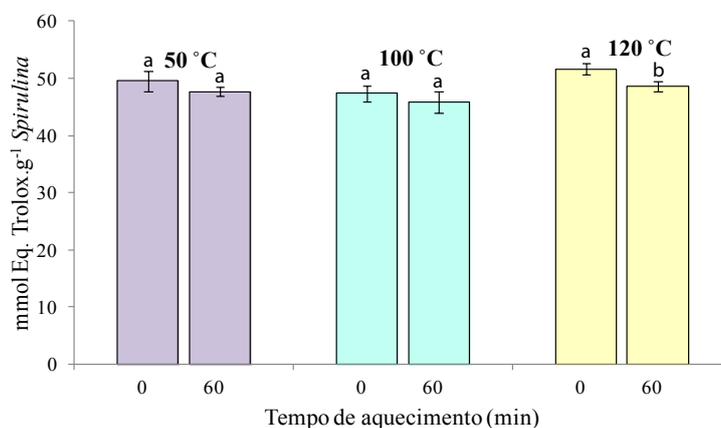


Figura 3: Estabilidade térmica da *Spirulina* Encapsulada

4 | CONCLUSÕES

A microencapsulação de *Spirulina* pela técnica de gelificação iônica mostra-se como uma alternativa viável para a incorporação da mesma em diferentes matrizes alimentares. As micropartículas mantêm sua integridade estrutural e promovem a retenção do material em meio ácido, enquanto em meio básico ocorre liberação do mesmo. A micropartícula permite que a *Spirulina* seja submetida a aquecimento de até 100 °C por 60 minutos sem perda de sua atividade antioxidante.

REFEÊNCIAS

- AGÜERO, L.; SILVA, D.Z.; PEÑA, L.; DIAS, M.L. (2017). **Alginate microparticles as oral colon drug delivery device: A review.** Carbohydrate Polymers. v. 168, 32-43.
- BENNETT, A.; BOGORAD, L. (1973). **Complementary chromatic adaptation in filamentous blue-green alga.** J. Cell. Biol., v. 58, p. 419 – 435.
- CAETANO, L.A.; ALMEIDA, A.J.; GONÇALVES, L. **Effect of experimental parameters on alginate/chitosan microparticle for BCG encapsulation.** Marine Drugs, v. 14, n. 90, p. 1 – 30, 2016.
- COMUNIAN, A. T.; FAVARO-TRINDADE, C. S. **Microencapsulation using biopolymers as an alternative to produce food enhanced with phytosterols and omega-3 fatty acids: A review.** Food Hydrocolloids, v. 61, p. 442 – 457, 2016.
- COMUNIAN, A. T. et al. **Improving oxidative stability of echium oil emulsions fabricated by Microfluidics: Effect of ionic gelation and phenolic compounds.** Food Chemistry, v. 233, p. 125 – 134, 2017.
- CROZIER, A.; JAGANATH, I. B.; CLIFFORD, M. N. **Dietary phenolics: chemistry, bioavailability and effects on health.** Natural Product Reports, v. 26, n. 8, p. 1001–1043, ago. 2009.
- CRUZ, M. C. P. (2004) **Influência do polietilenoglicol (PEG) no processo de microencapsulação da oxitetraciclina no sistema alginato/quitosana: modelamento “in vitro” da liberação oral.** 2004. 157 p. Tese (Doutorado Engenharia Química), Universidade Estadual de Campinas, SP.
- DIAS, M. I. et al. **A bioactive formulation based on *Fragaria vesca* L. vegetative parts: Chemical**

characterisation and application in κ -carrageenan gelatin. Journal of Functional Foods, v. 16, p. 243–255, 2015.

DOHERTY, S. B. et al. **A. Development and characterisation of whey protein micro-beads as potential matrices for probiotic protection,** Food Hydrocolloids, v.25, p.1604-1617, 2011.

HERNÁNDEZ-LEPE, M. A. et al. ***Spirulina* y su efecto hipolipemiante y antioxidante en humanos: una revisión sistemática.** Nutr. Hosp., v.32, n. 2, p.494-500, 2015.

IAL – Instituto Adolfo Lutz. **Análise Sensorial. Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 4 ed., 1 ed. digital, p.279-320, 2008.

PAN-UTAI, W.; IAMTHAN, S. **Physical extraction and extrusion entrapment of C-phycoerythrin from *Arthrospira platensis*.** Journal of King Saud University Science, p. 1 – 8, Available online, 23/05/2018.

PAULO, F.; SANTOS, L. **Design of experiments for microencapsulation applications: A review.** Materials Science and Engineering, v. 77, p. 1327-1340, 2017.

RE, R., PELEGRINE, N. PROTEGGENTE, A, PANNALA, A., YANG, M., & RICE-EVANS, C. (1999). **Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay.** Free Radical Biology & Medicine, 26, 9/10, 1231-1237.

SILVA, F. C. et al. **Assessment of production efficiency, physicochemical properties and storage stability of spray-dried propolis, a natural food additive, using gum Arabic and OSA starchbased Carrier systems.** Food and Bioproducts Processing, v. 91, p. 28-36, 2013.

VASILE, F. E.; JUDISA, M. A.; MAZZOBRE, M. F. **Impact of Prosopis alba exudate gum on sorption properties and physical stability of fish oil alginate beads prepared by ionic gelation.** Food Chemistry, v. 250, p. 75-82, 2018.

YAN et al. **Preparation of phycoerythrin microcapsules and its properties.** Food and bioproducts processing, v. 92, p. 89 – 97, 2014.

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

