



**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

PLANT-BASED ANTIMICROBIAL PACKAGING

Tuany Gabriela Hoffmann

Universidade Regional de Blumenau
Departamento de Engenharia Química
Blumenau – SC

Daniel Peters Amaral

Universidade Regional de Blumenau
Departamento de Engenharia Química
Blumenau – SC

Betina Louise Angioletti

Universidade Regional de Blumenau
Departamento de Engenharia Química
Blumenau – SC

Matheus Rover Barbieri

Universidade Regional de Blumenau
Departamento de Engenharia Química
Blumenau – SC

Sávio Leandro Bertoli

Universidade Regional de Blumenau
Departamento de Engenharia Química
Blumenau – SC

Carolina Krebs de Souza

Universidade Regional de Blumenau
Departamento de Engenharia Química
Blumenau – SC

alimentícios aumentou. As embalagens antimicrobiano ativos interagem com os alimentos embalados para reduzir, retardar ou até mesmo inibir o crescimento de microorganismos deteriorantes e patogênicos. Esta revisão discute, com base em estudos recentes, procedimentos de extração e mecanismos de ação de compostos antimicrobianos naturais aplicados em sistemas de embalagem, além de abordar desenvolvimentos recentes. O procedimento de extração e a maneira de aplicação na embalagem influenciam diretamente na ação antimicrobiana. A extração direta baseada em água é uma maneira menos prejudicial para a extração de antimicrobianos em material vegetal. Tendências futuras também são discutidas, bem como os compostos antimicrobianos incorporados em sachês, absorventes e filmes, incluindo nanomateriais e microencapsulação que proporcionam melhor interação entre compostos antimicrobianos e produtos alimentícios. A embalagem ativa é um campo promissor, dado seus benefícios à preservação e qualidade dos alimentos. Em resumo, a interação entre embalagem, meio ambiente e alimentos é o principal desafio para a indústria de alimentos.

PALAVRAS-CHAVE: Antimicrobiano, embalagem ativa, segurança dos alimentos, preservação dos alimentos.

RESUMO: A segurança dos alimentos é a principal prioridade nas indústrias de alimentos. Recentemente, o interesse em antimicrobianos naturais para a sua aplicação em gêneros

ABSTRACT: Food safety is the major priority in food industry. Recently, the interest in natural antimicrobials for its application in foodstuff has raised. Active antimicrobial packaging interacts with packaged food to reduce, retard, or even inhibit the growth of spoilage and pathogenic microorganisms. This review discusses, based on recent studies, extraction procedures and mechanisms of action for natural antimicrobial compounds applied in packaging system, furthermore approaches recent developments. The extraction procedure and application manner in packaging directly influence in antimicrobial action. Direct extraction based with water is a less damaging way for antimicrobials extraction in plant material. Future trends are also discussed, as well as the antimicrobial compounds incorporated in emitting sachets, absorbent pads and films, including nanomaterials and microencapsulation that provide best interaction between antimicrobials compounds and food products. Active packaging is a promissory field given its benefits to food preservation and quality. In brief, the interaction between packaging, environment and food is the key challenge for the food industry.

KEYWORDS: Antimicrobial, active packaging, food safety, food preservation.

1 | INTRODUCTION

Food contamination can occur during harvesting, food processing and even in distribution (MALHOTRA et al., 2015). For this reason, new technologies have been studied in order to provide safer food products. Food packaging function has changed from passive protective systems to one that plays an active role in food to preserve the quality and stability (AZEREDO et al., 2018).

Antimicrobial packaging system had shown to be a novel and efficient development which adds antimicrobial agent into a polymer film to avoid the microorganisms activities that contaminates foods (SUNG et al., 2013). In addition, sachets or pouches and pads are being recently incorporated with antimicrobial substances and are considered to be remarkable in food preservation (GÓMEZ-ESTACA et al., 2014).

Active agents are released in food surfaces by antimicrobial packaging systems, mainly used in the ones that are the most susceptible to microbial growth. Antimicrobial agent can be incorporated either directly into food product or to the packaging material where it is released over a period of time to induce extended shelf life (OTONI et al., 2016).

Research that studies the introduction of antimicrobial substances in active packaging had a huge increase over the last years. Several reports have been published regarding antimicrobial substances acting in food preservation (SUNG et al., 2013; MARCET et al., 2018; VIACAVA et al., 2018).

Therefore, this review aims to analyze recent developments in food packaging systems with natural antimicrobial properties, their extraction procedures, mechanisms of action and applications in sachets, pads and films. Furthermore, bring forward future trends in antimicrobial use to prevent food contamination.

2 | EXTRACTION PROCEDURES

Extraction and purification of antimicrobials compounds intended for food preservation are critical procedures. The usual techniques applied for extraction are represented by steam distillation, hydrodistillation and vacuum distillation. Recently, the efficient method of supercritical fluid extraction is been used because of its improved solubility and mass transfer. Alternative methods are being as well studied, including microwave assisted extraction and ultrasound extraction. Both presented methods have less extraction time (PISOSCHI et al., 2018). However, usual techniques of extraction that involve chemicals or thermal treatments can not only modify the active compounds and their functionality, but also produce unsafe compounds (TAJKARIMI et al., 2010).

Plant materials contain various water-soluble antimicrobial active compounds that can be removed by using water as a solvent or may be directly used as a pure extract. Water extraction is one direct extraction used to extract mainly antimicrobial compounds based on minimal processing method, such as juice or mechanical direct extraction. This method avoids alterations of the structure from the required active agents (PISOSCHI et al., 2018; BUBALO et al., 2018). Figure 1 shows a simplified procedure of direct extraction method.

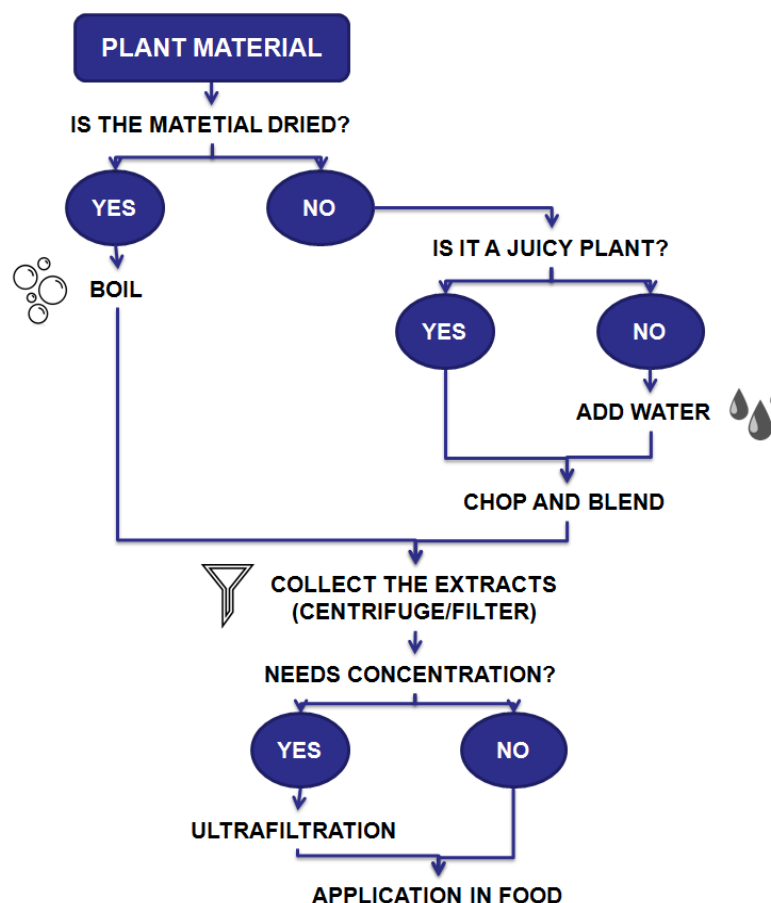


Figure 01: Schematic illustration of direct extraction method.

Some plants have higher water activity, called as juicy plants, and then do not

need to add solvent (water). Others are commercially found in powder, where water is required to extract the compounds. Also, when the final application needs the antimicrobials compounds to be concentrated, an ultrafiltration process is suggested (BUBALO et al., 2018).

Essential oils isolated from widely used spices and their plant sources have antimicrobial compounds. Some oils that have shown greatest activity avoiding microbial growth are cloves, cinnamon, oregano, and thyme, where their most important antimicrobial components are eugenol, cinnamaldehyde, carvacrol, and thymol, respectively (BARROS-VELÁZQUEZ, 2016).

3 | MECHANISMS OF ACTION FROM ANTIMICROBIAL COMPOUNDS

Contamination in food industry is still a serious issue. To help solving this problem, novel antimicrobial agents are being applied in combination with active packaging techniques (KHANEGHAH et al., 2018). Figure 2 shows antimicrobial systems and their releasing conditions for foods. Food systems can be divided in 3 groups, the first one acts as an active packaging nonmigratory, where food is protected without deliberate migration. The second, presents active releasing packaging, from which antimicrobial agents are released through volatile antimicrobial agents by evaporation (a, b and e) or diffusion (c, d and f).

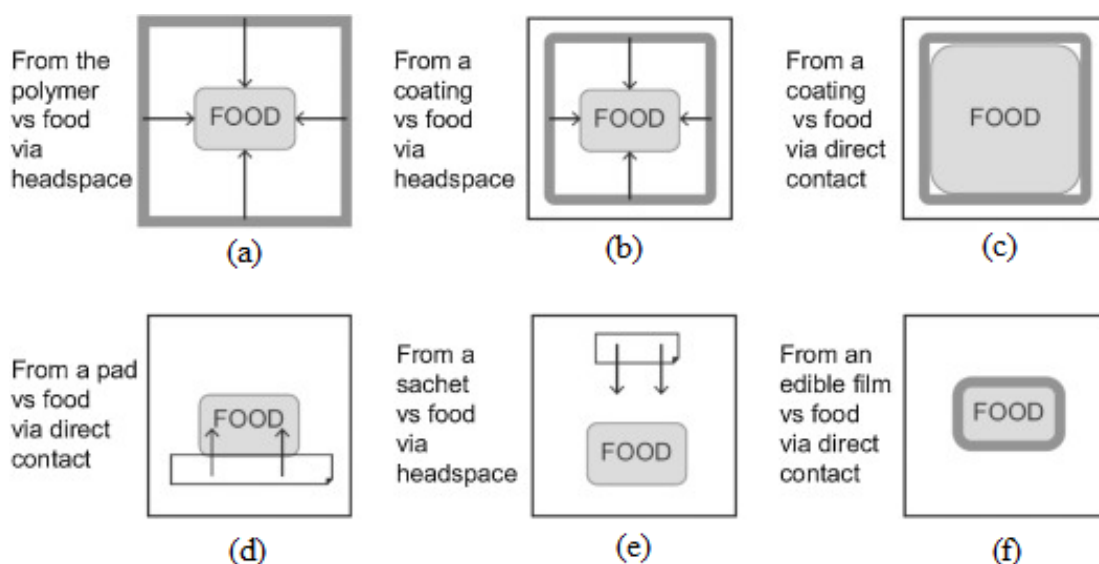


Figure 2: Different methods to release antimicrobial substances in active packaging

(Source: Khaneghah *et al.*, 2018; with permission from Elsevier).

In (a) system, the volatile or nonvolatile antimicrobial is incorporated into the structure of packaging material; in (b) system, there are two layers and the antimicrobial agents are coated onto internal layer of packaging; in situation (c), the application of a coating or adsorbing antimicrobial compound onto the surfaces of the polymers in

contact with a foodstuff can be observed; in situation (d), is shown a pad antimicrobial releaser that contains volatile antimicrobial substances, which is normally placed under the food product; (e) represents a sachet that releases antimicrobial agents through headspace by evaporation or diffusion and (f) is an edible film that covers all food contact.

4 | ANTIMICROBIAL SCOPE AND APPLICATIONS IN FOOD PACKAGING

4.1 Elaboration of antimicrobial sachets

The production of antimicrobial-releasing sachets has two approaches: sachets that generate antimicrobial compounds in situ and release it; and sachets that carry and release antimicrobials. Han et al. (2014) developed an antimicrobial sachet containing microcellular foam starch (MFS) with embedded rosemary oil and thyme oil to reduce bacterial growth in shredded mozzarella cheese. Otoni et al. (2014) used allyl isothiocyanate (AITC), the major component of mustard essential oil to developing sachets with antifungal effect of AITC against *Aspergillus flavus*, which in peanuts can generate aflatoxin.

The sachet material choose is important, are required to be either porous or semipermeable to active compounds. Continuous low-density polyethylene (LDPE) sachets required micro perforations in order to release ethanol (HEMPEL et al., 2013). Several other materials have been used to overwrap carriers for sachet production purposes. Otoni et al. (2016) quotes that the release of a compound from a carrier is affected by polymer type, number of layers in a laminated barrier, pore dimensions in a perforated barrier, and thickness of the sachet material.

4.2 Elaboration of antimicrobial pads

The absorbent pad is usually found at the bottom of plastic trays. The main function is to absorb liquids from food products during the storage time. With recently advances, technology has allowed the development of new materials combined with incorporation of antimicrobial compounds in absorbent pads (OTONI et al., 2016). Some researches have been already done with antimicrobials application in pads (FERNÁNDEZ et al., 2009; LLORET et al., 2012). Oral et al. (2009) worked on a pad with three-layer absorbent, where oregano essential oil was used to prevent microbial growth in chicken meat. In a similar way, Gouvêa et al. (2016) applied bacteriophages to evaluate the efficiency of absorbent food pads in meat trays.

4.3 Elaboration of antimicrobial films

Biopolymer films are made from renewable resources and are usually obtained from natural raw materials; chemical synthesis of bio-derived monomers; polymers

naturally produced by microorganisms (WIHODO and MORARU, 2013). The most used method in the elaboration of the films is denominated casting, where a filmogenic solution is deposited under the mold, taken to the drying, where a similar material to the plastic is obtained (PAGNO, 2016).

Starch is one of the biopolymers with the highest potential to produce biodegradable materials, especially disposable food packaging, where the time of use is relatively short. However, starch-based materials have demonstrated only limited commercial impact due to weakening mechanical properties as moisture content increases. Therefore, it is necessary to add elements that will compensate the mechanical problem (PAGNO, 2016).

Barros (2016) used papaya with nanoparticles of pectin to prepare a film that had greater mechanical resistance, thus the over-ripe papaya pulp showed to be suitable for edible biodegradable film processing and the addition of nanofillers and pectin is necessary to improve the barrier and mechanical properties.

5 | CONCLUSIONS AND TRENDS IN ANTIMICROBIAL PACKAGING

Antimicrobial packaging is an innovative food packaging concept that has increased attention in research and food industry. Antimicrobial agents incorporated into or coated onto packaging have shown the potential activity avoiding growth microorganisms (MALHOTRA et al., 2015). As a result of the antimicrobial packaging potential to provide quality and safety benefits in food applications, it is estimated that packaging systems niche will develop significantly in the next decades (IRKIM and ESMER, 2015).

A challenge to the use of antimicrobials compounds is food degradation during storage, for this phenomenon reduces antimicrobial activity. In order to avoid this effect, nanomaterials are being evaluated due to the higher surface area-to-volume ratio to work as antimicrobial agents (AZEREDO et al., 2013; BARROS, 2016). As another alternative to optimize antimicrobial effect, microencapsulation of natural antimicrobial compounds is being evaluated, once this technique protects the encapsulated active compounds (CASTRO-ROSAS et al., 2017). Studies report evidence of increased antimicrobial stability and activity when the antimicrobials are microencapsulated (NORI et al., 2011; SOLIMAN et al., 2013).

Natural antimicrobial packaging systems can cause ecofriendly and more effective food preservation. At the same time that packaging systems are improved, consumers preferences and cost effectiveness must be seen as priority.

6 | ACKNOWLEDGEMENT

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de

Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001 and Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC).

REFERÊNCIAS

AZEREDO, H. M. C.; OTONI, C. G.; ASSIS, O. B. G.; CORRÊA, D. S.; MOURA, M. R. de; MATTOSO, L. H. **Nanoparticles and antimicrobial Food Packaging**. Reference Module in Food Science, 2018.

AZEREDO, H. M. C. **Antimicrobial nanostructures in food packaging**. Trends in Food Science and Technology, v. 30, p. 56–69, 2013.

BARROS, T. T. **Produção e caracterização de filmes de polpa de mamão com adições de nanoestruturas, processados em modo batelada**. 2016. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Biotecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.

BARROS-VELÁZQUEZ, J. **Antimicrobial Food Packaging**. London: Elsevier, 2016.

BUBALO, M. C.; VIDOVIC, S.; REDOVNIKOVIC, I. R.; JOKIV, S. **New perspective in extraction of plant biologically active compounds by green solvents**. Food and Bioproducts Processing, v. 109, p. 52-73, 2018.

CASTRO-ROSAS, J.; FERREIRA-GROSSOB, C. R.; GÓMEZ-ALDAPA, C. A.; RANGEL-VARGAS, E.; RODRÍGUEZ-MARÍNC, M. L.; GUZMÁN-ORTIZC, F. A.; FALFAN-CORTESE, R. N. **Recent advances in microencapsulation of natural sources of antimicrobial compounds used in food - A review**. Food Research International, v. 102, p. 575-587, 2017.

FERNÁNDEZ, A.; SORIANO, E.; LÓPEZ-CARBALLO, G.; PICOUET, P.; LLORET, E.; GAVARA, R.; HERNÁNDEZ-MUÑOZ, P. **Preservation of aseptic conditions in absorbent pads by using silver nanotechnology**. Food Research International, v. 42, p. 1105–1112, 2009.

GÓMEZ-ESTACA, J.; LÓPEZ-DE-DICASTILHO, C.; HERNÁNDEZ-MUÑOZ, P.; CATALÁ, R.; GRAVARA, R. **Advances in antioxidant active food packaging**. Trends in Food Science and Technology, v. 25, p. 42-51, 2014.

GOUVÊA, D. M.; MENDONÇA, R. C. S.; LOPEZ, M. E. S. L.; BATALHA, L. S. **Absorbent food pads containing bacteriophages for potential antimicrobial use in refrigerated food products**. LWT - Food Science and Technology, v. 67, p. 159-166, 2016.

HAN, J. H., PATEL, D., KIM, J. E., & MIN, S. C. **Retardation of Listeria monocytogenes growth in mozzarella cheese using antimicrobial sachets containing rosemary oil and thyme oil**. Journal of Food Science, 79, p. 2272–2278, 2014.

IRKIM, R.; ESMER, O. K. **Novel food packaging systems with natural antimicrobial agents**. Journal of Food Science and Technology, v. 52, p. 6095-6111, 2015.

KHANEGHAH, A. M.; HASHEMI, S. M. B.; LIMBO, S. **Antimicrobial agents and packaging systems in antimicrobial active food packaging: An overview of approaches and interactions**. Food and Bioproducts Processing, v. 111, p. 1-19, 2018.

LLORET, E., PICOUET, P., & FERNÁNDEZ, A. **Matrix effects on the antimicrobial capacity of silver-based nanocomposite absorbing materials**. LWT — Food Science and Technology, v. 49, p. 333–338, 2012.

MALHOTRA, B.; KESHWANI, A.; KHARKWAL, H. **Antimicrobial food packaging: potential and pitfalls**. Frontiers in Microbiology, v. 6, p. 1-9, 2015.

MARCET, I.; WENG, S.; SÁEZ-ORVIZ, S.; RENDUELES, M.; DÍAZ, M. **Production and characterisation of biodegradable PLA nanoparticles loaded with thymol to improve its antimicrobial effect.** Journal of Food Engineering, v. 239, p. 26-32, 2018.

NORI, M. P.; FAVARO-TRINDADE, C. S.; ALENCAR, S. M.; THOMAZINI, M.; BALIEIRO, J. C. C.; CASTILHO, C. J. C. **Microencapsulation of propolis extract by complex coacervation.** LWT - Food Science and Technology, v. 44, p. 429-435, 2011.

OTONI, C. G.; ESPITIA, J. P.; AVENA-BUSTILLOS, R. J.; MCHUGH, T. H. **Trends in antimicrobial food packaging systems: Emitting sachets and absorbent pads.** Food Research International, v. 83, p. 60-73, 2016.

OTONI, C. G., SOARES, N. F. F., SILVA, W. A., MEDEIROS, E. A. A., & BAFFA JUNIOR, J. C. **Use of allyl isothiocyanate-containing sachets to reduce Aspergillus flavus sporulation in peanuts.** Packaging Technology and Science, v. 27, p. 549–558, 2014.

PAGNO, C. H. **Efeito da adição de nanoestruturas, óleos essenciais e quitosana no desenvolvimento de filmes e coberturas biodegradáveis com propriedades antioxidantes e antimicrobianas.** 2016. 182 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

PISOSCHI, A. M.; POP, A.; GEORGESCU, C.; TURCUS, V.; OLAH, N. K.; MATHE, E. **An overview of natural antimicrobials role in food.** European Journal of Medicinal Chemistry, v. 143, p. 922-935, 2018.

SOLIMAN, E. A.; EL-MOGHAZY, A. Y.; EL-DIN, M. S. M.; MASSOUD, M. A. **Microencapsulation of Essential Oils within Alginate: Formulation and in Vitro Evaluation of Antifungal Activity.** Journal of Encapsulation and Adsorption Sciences, v. 3, p. 48-55, 2013.

SUNG, S. Y.; SIN, L. T.; TEE, T. T.; BEE, S. T.; RAHMAT, A. R.; RAHMAN, W. A. W. A.; VIKHRAMAN, M. **Antimicrobial agents for food packaging applications.** Trends in Food Science and Technology, v. 33, p. 110-123, 2013.

TAJKARIMI, M. M.; IBRAHIM, S. A.; CLIVER, D. O. **Antimicrobial herb and spice compounds in food.** Food Control, v. 21, p. 1199-1218, 2010.

VIACAVA, G. E.; AYALA-ZAVALAB, J. F.; GONZÁLEZ-AGUILARB, G. A.; ANSORENA, M. R. **Effect of free and microencapsulated thyme essential oil on quality attributes of minimally processed lettuce.** Postharvest Biology and Technology, v. 145, p. 125-133, 2018.

WIHODO, M.; MORARU, C. I. **Physical and chemical methods used to enhance the structure and mechanical properties of protein films: A review.** Journal of Food Engineering, v. 114, p. 292-302, 2013.

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

