

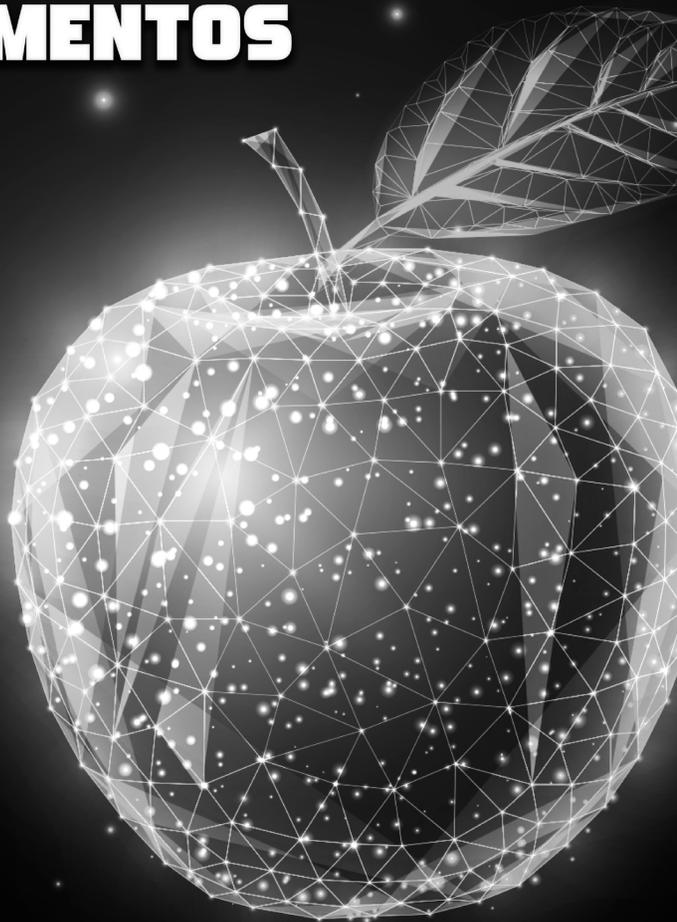
ENSINO E PESQUISA NO CAMPO DA ENGENHARIA E DA TECNOLOGIA DE ALIMENTOS



**Priscila Tessmer Scaglioni
(Organizadora)**

Atena
Editora
Ano 2021

ENSINO E PESQUISA NO CAMPO DA ENGENHARIA E DA TECNOLOGIA DE ALIMENTOS



**Priscila Tessmer Scaglioni
(Organizadora)**

Atena
Editora
Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
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. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^ª Dr^ª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^ª Dr^ª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Dr^ª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^ª Dr^ª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof^ª Dr^ª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

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. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^ª Dr^ª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Prof^ª Dr^ª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof^ª Dr^ª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^ª Dr^ª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Prof^ª Dr^ª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Prof^ª Dr^ª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof^ª Dr^ª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Aleksandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof^ª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^ª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Prof^ª Dr^ª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^ª Dr^ª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof^ª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Prof^ª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Prof^ª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Lilians Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof^ª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^ª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Prof^ª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof^ª Dr^ª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Prof^ª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Prof^ª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Prof^ª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof^ª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof^ª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Ensino e pesquisa no campo da engenharia e da tecnologia de alimentos

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Vanessa Mottin de Oliveira Batista
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadora: Priscila Tessmer Scaglioni

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E59 Ensino e pesquisa no campo da engenharia e da tecnologia de alimentos / Organizadora Priscila Tessmer Scaglioni. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-825-0

DOI 10.22533/at.ed.250210501

1. Tecnologia em alimentos. 2. Engenharia de alimentos. I. Scaglioni, Priscila Tessmer (Organizadora). II. Título.

CDD 644

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

APRESENTAÇÃO

A coleção “Ensino e Pesquisa no Campo da Engenharia e da Tecnologia de Alimentos” tem como principal objetivo a divulgação de estudos que envolvem diversas subáreas do conhecimento. A importante inter-relação entre ensino e pesquisa está demonstrada nos 54 capítulos que compõem os dois volumes desta coleção, além disso, a abordagem dinâmica dos estudos apresentados auxilia no entendimento do leitor e espera-se que muitos acadêmicos/profissionais em diferentes níveis de formação possam utilizar o material desta coleção para os mais diversos fins.

O volume 1 aborda principalmente estudos relacionados a alimentos de origem animal, bem como tecnologias que possam suprir lacunas existentes no processamento atual destes, este volume também traz conteúdo sobre a biotecnologia de alimentos, e além disso, a higiene e a segurança de alimentos são abordadas, sendo um tema tão atual e importante para a prevenção de doenças vinculadas aos alimentos.

O volume 2 aborda principalmente estudos relacionados a alimentos de origem vegetal, além disso, a análise sensorial é explorada através de diferentes aplicações ao longo deste volume. A Engenharia de Alimentos também não foi esquecida, porque neste volume o leitor encontra temas relacionado à secagem ou desidratação de alimentos, contaminantes e métodos inovadores de descontaminação, bem como tecnologias para obtenção de novos produtos.

Desta forma, a Atena Editora lança mais um conteúdo didático e de valor científico para a comunidade, valorizando estudos desenvolvidos no Brasil, e intensificando a disseminação de conhecimento. Desejamos a todos uma excelente leitura!

Priscila Tessmer Scaglioni

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES HIGIÊNICO-SANITÁRIAS E ESTRUTURAIS DA COMERCIALIZAÇÃO DE PESCADO NAS FEIRAS LIVRES DE PALMAS – TO

Pedro Ysmael Cornejo Mujica

Eduardo Sousa dos Anjos

Raimundo Ferreira Costa

DOI 10.22533/at.ed.2502105011

CAPÍTULO 2..... 8

AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES HIGIÊNICO-SANITÁRIAS E ESTRUTURAIS DE RESTAURANTES DE UM *SHOPPING CENTER* DE PALMAS – TO

Pedro Ysmael Cornejo Mujica

Eduardo Sousa dos Anjos

Raimundo Ferreira Costa

DOI 10.22533/at.ed.2502105012

CAPÍTULO 3..... 17

AVALIAÇÃO DE EXTRAÇÕES DE GELATINA DE PELE DE BEIJUPIRÁ

Ana Josymara Lira Silva

Samara Kellen de Vasconcelos Vieira

Cássio da Silva Sousa

Luciana Antônia Araújo de Castro

Daniele Maria Alves Teixeira Sá

DOI 10.22533/at.ed.2502105013

CAPÍTULO 4..... 24

AVALIAÇÃO DO CONHECIMENTO DOS CONSUMIDORES SOBRE CONCEITOS DE SEGURANÇA DE ALIMENTOS APLICADOS AO ATO DA COMPRA

Marcos Rodrigo Guimarães Cruz

Janio Mério Lopes Rosa

Joyce Furtado da Silva Lindoso

Maria de Fátima Alves Farias Sousa

Luana Ferreira Lima

Thailla Laine Santos Santana

DOI 10.22533/at.ed.2502105014

CAPÍTULO 5..... 29

AVALIAÇÃO DO TEOR DE LACTOSE NO PROCESSO FERMENTATIVO DO SORO DE QUEIJO POR *LACTOBACILLUS ACIDOPHILUS* E *LACTOCOCCUS LACTIS*

Catarina de Mesquita Oliveira

Brenda de Oliveira Gomes

Bianca Macedo de Araujo

Maria Alves Fontenele

Adriana Crispim de Freitas

DOI 10.22533/at.ed.2502105015

CAPÍTULO 6	37
BETANINA, PARA ALÉM DE UM CORANTE ALIMENTÍCIO Rogério Côrte Sassonia DOI 10.22533/at.ed.2502105016	
CAPÍTULO 7	48
BIOFUNCIONALIDADE DE PEPTÍDEOS SOLÚVEIS EM ÁGUA DERIVADOS DE QUEIJO MINAS FRESCAL Wellington Leal dos Santos Talita Camila Evaristo da Silva Nascimento Alana Emília Soares de França Queiroz Maria do Bom Conselho Lacerda Medeiros Edson Flávio Teixeira da Silva Elias Flávio Quintino de Araújo Maria Alane Pereira Barbosa Thayna Alicia de Figueredo Marinho Gleudson Costa Lima Keila Aparecida Moreira DOI 10.22533/at.ed.2502105017	
CAPÍTULO 8	57
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS OVOS DE GALINHA D'ANGOLA (<i>Numida meleagris</i>) E SEU POTENCIAL DE MERCADO NO BRASIL Erick Alonso Villegas Cayllahua Daniel Rodrigues Dutra Amanda Cristina Macario da Silva Juliana Lolli Malagoli de Mello Pedro Alves de Souza Hirasilva Borba DOI 10.22533/at.ed.2502105018	
CAPÍTULO 9	62
CARNE DE SOL DE CAPRINO DEFUMADA COM AROMATIZANTES NATURAIS Flávia Cristina dos Santos Lima José Carlos Ferreira Katia Davi Brito Antônio Jackson Ribeiro Barroso Rosana Sousa da Silva Rogerio Ferreira da Silva Cristiane Rodrigues de Araújo Penna DOI 10.22533/at.ed.2502105019	
CAPÍTULO 10	68
DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS INOVADORES PARA A BACIA LEITEIRA DE AFRÂNIO-PE, COM VISTA À AMPLIAÇÃO DE MERCADO Ruana Sertão de Castro Maria Simão da Silva	

Luciana Cavalcanti de Azevedo

DOI 10.22533/at.ed.25021050110

CAPÍTULO 11..... 86

DESENVOLVIMENTO E ACEITABILIDADE DE ALMÔNDEGA DE CARANHA (*Piaractus mesopotamicus*) ADICIONADA DE FARINHA DE BERINJELA

Pedro Ysmael Cornejo Mujica

Eduardo Sousa dos Anjos

Raimundo Ferreira Costa

DOI 10.22533/at.ed.25021050111

CAPÍTULO 12..... 92

DESENVOLVIMENTO E ACEITABILIDADE DE HAMBURGUER DE TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*) ADICIONADO DE FARINHA DE GERGELIM

Pedro Ysmael Cornejo Mujica

Eduardo Sousa dos Anjos

Raimundo Ferreira Costa

Poliana Azevedo Vaz

DOI 10.22533/at.ed.25021050112

CAPÍTULO 13..... 99

EFEITOS DO USO DE CONDIMENTOS E ESPECIARIAS NA ELABORAÇÃO DE EMULSÕES CÁRNEAS

Daniela Patrícia de Mendonça Andrade

Adriano Santos Honorato de Souza

Ana Beatriz Ferreira Silva

Pedro Lucas Negromonte Guerra

Márcia Monteiro dos Santos

Neila Mello dos Santos Cortez

Graciliane Nobre da Cruz Ximenes

Carla Fabiana da Silva

Wiliana Vanderley de Lima

Ronaldo Paulo Monteiro

Marina Maria Barbosa de Oliveira

Jenyffer Medeiros Campos Guerra

DOI 10.22533/at.ed.25021050113

CAPÍTULO 14..... 111

ESTRESSE PRÉ-ABATE E QUALIDADE DA ÁGUA DE MANEJO EM PESCADOS

Thaise Pascoato de Oliveira Almeida

Adriana Aparecida Droval

Flávia Aparecida Reitz Cardoso

DOI 10.22533/at.ed.25021050114

CAPÍTULO 15..... 120

IMPACTO DOS FATORES PRÉ-ABATE NO DRIPPING TEST DE CARÇAÇAS DE FRANGO: USO DE REDES NEURAIAS

Thiago Flores Silva

Alexandre da Trindade Alfaro
Cleusa Inês Weber
Claiton Brusamarello

DOI 10.22533/at.ed.25021050115

CAPÍTULO 16..... 130

NANOEMULSÃO E SEU POTENCIAL DE USO EM ALIMENTOS: UMA PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA E CIENTÍFICA

Flávia Barbosa Schappo
Ana Paula Zapelini de Melo
Camila Duarte Ferreira Ribeiro
Pedro Luiz Manique Barreto
Itaciara Larroza Nunes

DOI 10.22533/at.ed.25021050116

CAPÍTULO 17..... 149

OS EFEITOS DO USO DE PREBIÓTICOS E PROBIÓTICOS NA HIPERTENSÃO: REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA

Alicia Mirelly de Oliveira Silva
Erlaine dos Santos Silva
Monique Maria Lucena Suruagy do Amaral

DOI 10.22533/at.ed.25021050117

CAPÍTULO 18..... 158

PADRÃO DE QUALIDADE E ARMAZENAMENTO DE PESCADO CONGELADO DENTRO DE UM ENTREPOSTO DE PRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL

Dayvison Mendes Moreira
Marcelo Giordani Minozzo
Betsy Gois Santos
Mariana Rodrigues Lugon Dutra
Carolina de Souza Moreira
Paula Zambe Azevedo

DOI 10.22533/at.ed.25021050118

CAPÍTULO 19..... 170

QUANTIFICAÇÃO, ISOLAMENTO E AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ENZIMÁTICO DE FUNGOS FILAMENTOSOS PRESENTES EM EMBUTIDO CÁRNEO SOCOL

Jeferson Alves Bozzi
Bárbara Côgo Venturim
Elder Tonete Lasaro da Costa
Vanessa Cristina de Castro
Fernanda Chaves da Silva
Maíra Maciel Mattos de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.25021050119

CAPÍTULO 20..... 180

QUANTIFICAÇÃO, ISOLAMENTO E AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ENZIMÁTICO DE FUNGOS FILAMENTOSOS PRESENTES EM SUPERFÍCIES DE AGROINDÚSTRIAS

PRODUTORAS DO EMBUTIDO CÁRNEO SOCOL

Bárbara Côgo Venturim
Jeferson Alves Bozzi
Elder Tonete Lasaro da Costa
Vanessa Cristina de Castro
Fernanda Chaves da Silva
Maíra Maciel Mattos de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.25021050120

CAPÍTULO 21..... 188

QUANTIFICAÇÃO, ISOLAMENTO E AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ENZIMÁTICO DE FUNGOS FILAMENTOSOS PRESENTES NO AR DE AGROINDÚSTRIAS PRODUTORAS DO EMBUTIDO CÁRNEO SOCOL

Elder Tonete Lasaro da Costa
Bárbara Côgo Venturim
Jeferson Alves Bozzi
Vanessa Cristina de Castro
Fernanda Chaves da Silva
Maíra Maciel Mattos de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.25021050121

CAPÍTULO 22..... 196

REVISÃO: FERMENTAÇÃO LÁTICA: CARACTERÍSTICAS DO PROCESSO, MICRO-ORGANISMOS E PRODUTOS DA FERMENTAÇÃO

Fabiana Bortolini Foralosso
Maria Eduarda Peretti
Érika Borsoi
Alessandra Binotto
Álvaro Vargas Júnior
Nei Fronza
Sheila Mello da Silveira

DOI 10.22533/at.ed.25021050122

CAPÍTULO 23..... 210

USO DE BETERRABA (*Beta vulgaris L.*) EM PÓ ELABORAÇÃO DE SALSICHA

Ana Beatriz Ferreira Silva
Daniela Patrícia de Mendonça Andrade
Adriano Santos Honorato de Souza
Pedro Lucas Negromonte Guerra
Márcia Monteiro dos Santos
Neila Mello dos Santos Cortez
Graciliane Nobre da Cruz Ximenes
Carla Fabiana da Silva
Wiliana Vanderley de Lima
Ronaldo Paulo Monteiro
Marina Maria Barbosa de Oliveira
Jenyffer Medeiros Campos Guerra

DOI 10.22533/at.ed.25021050123

CAPÍTULO 24.....	220
VERIFICAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DAS BOAS PRÁTICAS DE FABRICAÇÃO (BPF) EM UMA INDÚSTRIA DE “ESPETINHOS” DE PALMAS – TO	
Pedro Ysmael Cornejo Mujica	
Eduardo Sousa dos Anjos	
Raimundo Ferreira Costa	
DOI 10.22533/at.ed.25021050124	
CAPÍTULO 25.....	227
VISIBILIDADE E IMPACTO DO PROGRAMA DE EDUCAÇÃO TUTORIAL DA ENGENHARIA DE ALIMENTOS NA GRADUAÇÃO	
Larissa Chivanski Lopes	
Tamires Hübner	
Larissa Gonçalves Garcia da Silva	
Marta Maria Marquezan Augusto	
DOI 10.22533/at.ed.25021050125	
SOBRE A ORGANIZADORA.....	234
ÍNDICE REMISSIVO.....	235

BETANINA, PARA ALÉM DE UM CORANTE ALIMENTÍCIO

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 06/11/2020

Rogério Côrte Sassonia

Centro de Ciências Integradas, Universidade
Federal do Tocantins
Araguaína, Tocantins, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9341522545622587>

RESUMO: Betalaínas são corantes naturais encontrados em aproximadamente 17 famílias de vegetais da ordem *Caryophyllales*, como a beterraba, e de alguns fungos basidiomicetos. Além de encontrarem aplicação como aditivo corante na indústria alimentícia, o interesse na atividade biológica das betalaínas e sua utilidade como alimento funcional para promoção da saúde e prevenção de doenças tem crescido nos últimos anos. O vermelho de beterraba (INS 162) é um corante permitido para uso em alimentos no Brasil e tem como principal componente uma betalaina chamada betanina. As betalaínas apresentam significativa propriedade antioxidante através da eliminação direta de radicais livres e da restauração do equilíbrio dos processos redox no organismo. Resultados recentes mostram que tais efeitos podem estar relacionados, em parte, ao efeito da betanina nas vias de sinalização que medeiam a transcrição de genes antioxidantes como a via do Nrf2-Keap1 e a via do NF-κB, responsável pelo desencadeamento da resposta inflamatória. Neste trabalho são apresentados resultados significativos que demonstram o

grande potencial da inclusão das betalaínas, com destaque para a betanina, em alimentos processados devido seu papel complementar no tratamento terapêutico de uma variedade de patologias clínicas associadas ao estresse oxidativo e inflamação.

PALAVRAS-CHAVE: Beterraba, betalaínas, antioxidantes, estresse oxidativo, inflamação.

ABSTRACT: Betalains are natural pigments found in approximately 17 families of vegetables of the order *Caryophyllales*, such as beet, and some basidiomycete fungi. In addition to finding application as a colorant in the food industry, interest in the biological activity of betalains and its use as a functional food for health promotion and disease prevention has grown in recent years. Beet red (INS 162) is a colorant allowed for use in food in Brazil and its main component is a betalain called betanin. Betalains have significant antioxidant properties through the direct elimination of free radicals and in the restoration of the balance of redox processes in the body. Recent results show that such properties may be related, in part, to the effect of betanin in the signaling pathways that mediate the transcription of antioxidant genes such as the Nrf2-Keap1 pathway and the NF-κB pathway, responsible for triggering the inflammatory response. In this work, significant results are presented that demonstrate the great potential for the inclusion of betalains, especially betanin, in processed foods due to its complementary role in the therapeutic treatment of a variety of clinical pathologies associated with oxidative stress and inflammation.

KEYWORDS: Beet, betalains, antioxidants,

oxidative stress, inflammation.

A ESTRUTURA QUÍMICA DAS BETALAÍNAS E SUA APLICAÇÃO COMO CORANTE ALIMENTÍCIO

A cor, indiscutivelmente, é um dos fatores mais importantes relacionados à aceitabilidade dos alimentos pelos consumidores e, desde 1960, a Food and Drug Administration (FDA) já considerava os corantes desejáveis e necessários¹. Os corantes alimentícios são substâncias que possuem a propriedade de conferir, intensificar ou padronizar a coloração de alimentos e bebidas. No Brasil, a Resolução CNS/MS nº. 4, de 24 de novembro de 1988, classifica-os em corantes sintéticos, corantes naturais, corantes sintéticos idênticos aos naturais, corantes inorgânicos e corante caramelo². Entre os corantes naturais, encontra-se o corante “vermelho de beterraba”, também conhecido por “corante de beterraba” ou “betanina”. A legislação atual não especifica limites para sua utilização em alimentos podendo ser usado na quantidade suficiente para se obter o efeito desejado (*quantum satis*, q.s.p.)².

Os corantes encontrados na beterraba pertencem a uma classe de corantes naturais conhecida como betalaínas. Estes compostos ocorrem em aproximadamente 17 famílias de vegetais da ordem *Caryophyllales*, uma ordem de vegetais que inclui a beterraba (*Beta vulgaris*)³ a pitaita (*Hylocereus polyrhizus*)⁴ e o figo da Índia (*Opuntia spp.*)⁵ e plantas ornamentais como a primavera (*Bougainvillea spectabilis*)⁶ e o amaranto (*Amaranthus tricolor*)⁷. Betalaínas ocorrem também em alguns gêneros de fungos superiores como o agário-das-moscas (*Amanita muscaria*), *Hygrocybe* e *Hygrophorus*⁸. Vários processos de isolamento das betalaínas de suas fontes naturais são descritos na literatura. Destaca-se, contudo, um método que precipita as betalaínas com etanol anidro e gera um produto sem a presença de nitratos e com alta concentração de betalaínas^{9,10}.

Na natureza, plantas contendo betalaínas têm cores similares às plantas que contêm antocianinas, contudo, estas duas classes de corantes são mutuamente exclusivas^{11, 12}. Plantas que produzem betalaínas não contêm antocianinas¹³. Erroneamente, as betalaínas eram conhecidas pela literatura antiga como “antocianinas nitrogenadas”¹⁴. Hoje, antocianinas e betalaínas são facilmente diferenciadas através de suas estruturas químicas identificadas por técnicas cromatográficas e espectrométricas modernas. Contudo, testes simples podem ser usados para diferenciá-las usando a cor exibida em diferentes pHs e sua temperatura¹⁵. No mais, antocianinas são facilmente extraídas com metanol acidificado (0,001% HCl) e dificilmente com água, enquanto o oposto é válido para as betalaínas. Na eletroforese com meio fracamente ácido, as antocianinas se dirigem para o cátodo e as betalaínas para o ânodo^{13, 16}.

São conhecidas, aproximadamente, 78 betalaínas¹² e todas têm a mesma estrutura básica, Figura 1, formada pela condensação de uma amina ou aminoácido com ácido

betalâmico¹⁷, onde R1 e R2 podem ser hidrogênio ou um substituinte aromático¹³.

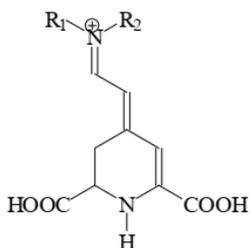


Figura 1: Estrutura fundamental das betalainas.

As betalainas são formadas por corantes vermelhos denominados betacianinas, que compreendem cerca de 90% das betalainas da beterraba, e por corantes amarelos denominados betaxantinas^{18,19}. Sua cor é devido à formação das estruturas de ressonância mostradas pela Figura 2. As betaxantinas são caracterizadas por substituintes que não estendem o sistema de ressonância, os compostos exibem espectros UV-Vis com absorção máxima em torno de 480 nm. Já as betacianinas, possuem como substituintes anéis aromáticos, como, por exemplo, a ciclo-3,4-dihidroxifenilalanina (ciclo-DOPA), ou algum de seus derivados glicosilados, que estendem a ressonância e mudam o máximo de absorção de 480 nm para 540 nm^{13, 15}. A presença de grupos amina ou aminoácidos ligados a estrutura química das betaxantinas pode deslocar seu pico de absorção máxima em espectros UV-Vis (deslocamento batocrômico/hipsocrômico)²⁰. O mesmo efeito ocorre com betacianinas glicosiladas²¹.

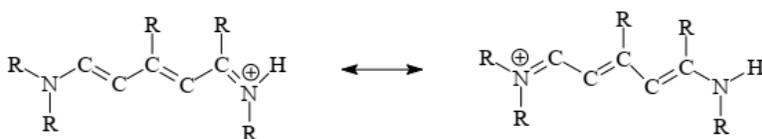


Figura 2: Estruturas de ressonância responsáveis pela cor das betalainas.

Dentro da ordem *Caryophyllales*, encontra-se grande variedade de betaxantinas, contudo, na beterraba encontramos somente duas, conhecidas como vulgaxantinas I e II³, ambas solúveis em etanol, cujas estruturas estão representadas na Figura 3.

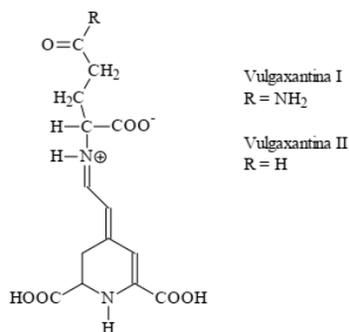


Figura 3: Betaxantinas da beterraba.

As betacianinas são opticamente ativas devido aos carbonos quirais C-2 e C-15. A isomerização ocorre em condições ácidas e/ou de aquecimento elevando a concentração de compostos iso⁹, conforme ilustrado na Figura 4.

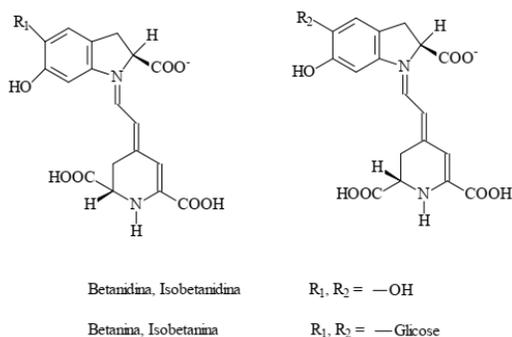


Figura 4: Estrutura das betacianinas.

Tanto betacianinas quanto betaxantinas são solúveis em água e podem ser encontradas na forma iônica nos vacúolos das células de plantas⁷. Os corantes mais importantes dentro do grupo das betalainas, do ponto de vista de sua aplicação industrial como corante alimentício, são as betacianinas. O principal componente das betacianinas na beterraba é a betanina, cuja estrutura está representada na Figura 5. Este corante contribui com cerca de 75 a 95 % da cor vermelha total.

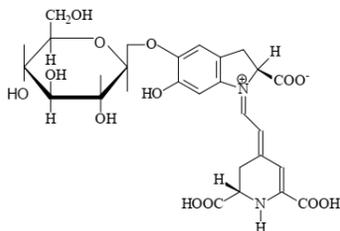


Figura 5: Estrutura da betanina.

A betanina tem poder tintorial maior do que muitos corantes sintéticos¹⁶. Dados comparativos do poder tintorial da betanina são apresentados na Tabela 1.

Corante	Absortividade específica $\mathcal{E}_{1cm}^{1\%}$	λ_{max} (nm)
Betanina	1220	537
Amaranto	438	523
Carmoisina	545	515
Ponceau 4R	431	505

Tabela 1: Dados comparativos do poder tintorial da betanina e alguns corantes sintéticos equivalentes.

BIODISPONIBILIDADE

Após a ingestão, compostos bioativos devem ser absorvidos pelo trato gastrointestinal e disponibilizados na circulação em quantidade suficiente para serem utilizados pelas células. No caso das betacianinas, estudos indicam que, embora em pequenas quantidades, elas podem ser absorvidas pelo organismo humano. Kanner e colaboradores²² avaliaram a quantidade de betacianina (betanina e isobetanina) absorvida em quatro voluntários saudáveis depois de consumirem 300 mL de suco de beterraba contendo 120 mg de betanina. As betacianinas foram absorvidas no intestino e foi possível identificá-las na urina após 2-4 h. Eles estimam que a taxa de absorção seja de 0,5% a 0,9% das betacianinas ingeridas. Frank e colaboradores²³ relataram resultados semelhantes. Depois de fornecer a seis participantes saudáveis 500 mL de suco de beterraba, eles identificaram betacianinas na urina em concentrações equivalentes a ~ 0,3% da dose ingerida em um período de 24 horas. Deve-se considerar, contudo, que estes resultados podem estar subestimados uma vez que as betacianinas não devem ser eliminadas exclusivamente pela via renal. Outros valores de biodisponibilidade em humanos para betanina estão disponíveis na literatura e foram compilados por Khan, M. I. (2016)²⁴. Os valores apresentados variam entre 0,28% ±

0,08 (n = 6) e $3,7\% \pm 0,2$ (n = 8)²².

OS BENEFÍCIOS POTENCIAIS DA SUPLEMENTAÇÃO DE BETALAÍNAS PARA PROMOÇÃO DA SAÚDE E PREVENÇÃO DE DOENÇAS

A inflamação crônica está frequentemente envolvida no início e desenvolvimento de várias doenças tais como obesidade, doenças do fígado, câncer e doenças do coração²⁵. Consequentemente, tem sido dada atenção para obtenção de compostos capazes de restaurar o equilíbrio entre a geração de compostos oxidantes e a atuação dos sistemas de defesa antioxidante do organismo como auxílio no tratamento de processos inflamatórios²⁶. Neste sentido, as betalaínas apresentam significativa propriedade antioxidante e atuam na restauração do equilíbrio dos processos redox no organismo²⁷.

Um estudo recente mostrou que a administração de betalaínas obtidas a partir da beterraba aliviou a inflamação e a dor em pacientes que sofriam de osteoartrite, com doses que variaram de 35 mg a 100 mg por dia, após 10 dias de tratamento²⁸. A suplementação com extrato rico em betalaínas também trouxe benefícios para uma paciente com sarcoidose²⁸. Em um outro estudo, o suco de beterraba (8 mL/kg pc/dia por 28 dias) também demonstrou efeito protetor em marcadores de lesão e inflamação no fígado induzidas em ratos pelo agente carcinogênico N-nitrosodietilamina (NDEA)³⁰. O suco de beterraba reduziu danos ao DNA assim como os biomarcadores de lesão hepática aumentados pelo tratamento com NDEA. O pré-tratamento com suco de beterraba antes da administração de NDEA resultou em uma redução significativa no dano ao DNA (20%) no fígado dos animais²⁴.

Ademais, El Gamal e colaboradores mostraram que doses orais de extrato seco de beterraba, obtido por extração alcoólica (etanol 70%), conferiram proteção renal em ratos submetidos à droga nefrotóxica gentamicina, como, por exemplo, atenuando o aumento dos níveis séricos de ureia, ácido úrico e creatinina de modo dose-dependente³¹. Ureia, ácido úrico e creatinina são marcadores da função renal, e seus níveis séricos elevam-se por causa dos efeitos tóxicos da gentamicina. No mais, os ratos tratados com 250 ou 500 mg/kg pc/dia, durante 28 dias, apresentaram menores concentrações dos mediadores pró-inflamatórios IL-6 e TNF- α . As concentrações de mieloperoxidase (MPO) e óxido nítrico renal também foram reduzidas²⁵. A diminuição da atividade da enzima mieloperoxidase (MPO) (que representa a infiltração de neutrófilos) e dos níveis de óxido nítrico (indicador de dano causado por estresse oxidativo) no tecido demonstram a atividade antioxidante e antiinflamatória do extrato de beterraba. Outros trabalhos na literatura confirmam estes resultados^{32, 33} e atribuem essas propriedades as betalaínas^{34, 20}.

El Gamal e colaboradores mostraram também a redução do estresse oxidativo e o aumento da atividade antioxidante endógena nos ratos tratados com o extrato alcoólico de beterraba. A tratamento reduziu o estresse oxidativo medido pela concentração de malondialdeído (MDA) (redução da peroxidação lipídica) e manteve a catalase (espécie

endógena antioxidante) próxima do seu nível normal²⁵. Muitos biomarcadores vêm sendo utilizados para avaliar o estresse oxidativo, contudo, o MDA é um dos biomarcadores mais utilizados por ser um dos produtos secundários da peroxidação lipídica mais conhecidos³⁵. A enzima catalase catalisa a decomposição do peróxido de hidrogênio (H₂O₂) em água e oxigênio, diminuindo assim sua concentração celular. É uma enzima muito importante na proteção contra danos celulares causados por espécies reativas de oxigênio (ROS).

Estudos indicam que a ação anti-inflamatória das betalaínas ocorre principalmente pela sua atividade reguladora na via de sinalização do fator de transcrição NF-κB, um mediador pró-inflamatório^{36, 25}. O fator de transcrição NF-κB regula a expressão de genes essenciais no processo inflamatório e, conseqüentemente, sua atividade desempenha um papel central no processo inflamatório que se manifesta em doenças crônicas³⁷. Conforme Blanco e Neto, muitos grupos de pesquisa vêm explorando a ação moduladora sobre o fator de transcrição NF-κB no controle do processo inflamatório³⁸.

As betalaínas também exercem atividade reguladora sobre o fator nuclear eritroide 2 relacionado ao fator 2 (Nrf2). O fator Nrf2 atua na expressão de mais de 200 genes citoprotetores relacionados à neutralização ou detoxificação de metabólitos endógenos e de toxinas ambientais³⁹.

Neste sentido, estudos em cultura de células Huh7 mostraram que a betanina (TCI Europe N. V., CAS-Nr.: 7659-95-2) aumentou de modo dose-dependente as concentrações celulares das proteínas heme oxigenase-1 (HO-1) e paraoxonase 1 (PON1), enzima que previne a oxidação do HDL (lipoproteína de alta densidade), e de glutatona (GSH), um importante antioxidante citosólico, através da via de sinalização do fator de transcrição Nrf2⁴⁰. A enzima heme oxigenase 1 é uma enzima antioxidante e citoprotetora (anti-apoptótica). O sistema heme oxigenase interage com outros sistemas para minimizar o efeito deletério do estresse oxidativo na obesidade e doenças cardiovasculares⁴¹. Do mesmo modo, os resultados de um estudo clínico com mulheres obesas (n = 15) corroboram o efeito citoprotetor causado pelos compostos bioativos encontrados na beterraba através da inibição do metabolismo oxidativo dos neutrófilos e indicam que estes compostos podem ser usados como adjuvante no tratamento da obesidade⁴². Os neutrófilos do grupo de obesos apresentaram uma produção de espécies reativas de oxigênio (ROS) significativamente maior do que os controles. O estresse oxidativo decorre de um desequilíbrio entre a geração de compostos oxidantes e a atuação dos sistemas de defesa antioxidante⁴³.

Outra característica importante das betalaínas como adjuvante no tratamento de doenças de origem inflamatória é sua capacidade de diminuir a expressão da COX-2 *in vitro*⁴⁴. Reddy e colaboradores verificaram que a betanina inibe 97% da capacidade enzimática da COX-2 e possui IC₅₀ de 100 µg/mL. Sob condições metabólicas normais, os agentes oxidantes estão em equilíbrio com agentes redutores no ambiente biológico de uma célula. As células fagocitárias produzem superóxido, uma espécie oxidante, como parte do mecanismo de defesa imunológica para eliminar microrganismos patogênicos; contudo,

nas doenças inflamatórias crônicas esta produção torna-se excessiva, provocando lesões nos tecidos. Neste sentido, estudos *in vitro* têm mostrado que as betalaínas protegem componentes celulares de lesões causadas por agentes oxidantes^{28, 30}. Wootton-Beard e colaboradores sugerem que o principal mecanismo pelo qual o suco de beterraba exerce seu efeito antioxidante é através da eliminação de espécies radicais⁴⁵.

CONCLUSÃO

Devido à sua segurança toxicológica, acessibilidade, preço baixo, biodegradabilidade e efeitos biológicos significativamente vantajosos para a saúde, o maior empenho da indústria de alimentos para incorporar as betalaínas como corante natural em um número cada vez maior em seus produtos poderia abrir caminho para superar as preocupações atuais sobre os riscos à saúde de corantes artificiais e proporcionar para a população alimentos funcionais como auxílio no tratamento de uma variedade de patologias clínicas associadas ao estresse oxidativo e inflamação. Neste sentido, novos processos de extração das betalaínas de suas fontes naturais tem sido propostas e devem auxiliar a indústria nos seus desafios tecnológicos¹⁰.

REFERÊNCIAS

- 1 Froes, N.C., Garcia, M.V., Silva, A. A., 1992. Utilização do corante vermelho de beterraba como aditivo alimentar, *Alimentos e Nutrição*, 4, 33.
- 2 - BRASIL. Conselho Nacional de Saúde. (1988) Resolução CNS/MS nº. 4 de 24 de novembro de 1988.
- 3 - Kujala, T.S., Vienola, M.S., Klika, K.D., Loponen, J.M., Pihlaja, K., 2002. Betalain and phenolic compositions of four beetroot (*Beta vulgaris*) cultivars. *Eur. Food Res. Technol.* 214, 505–510.
- 4 - Wybraniec, S., Platzner, I., Geresh, S., Gottlieb, H.E., Haimberg, M., Mogilnitzki, M., Mizrahi, Y., 2001. Betacyanins from vine cactus *Hylocereus polyrhizus*. *Phytochemistry* 58, 1209–1212.
- 5 - Stintzing, F.C., Schieber, A., Carle, R., 2002. Identification of betalains from yellow beet (*Beta vulgaris* L.) and cactus pear [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.] by high-performance liquid chromatography–electrospray ionization mass spectrometry. *J. Agric. Food Chem.* 50, 2302–2307.
- 6 - Kugler, F.; Stintzing, F.C.; Carle, R., 2007. Characterisation of betalain patterns of differently coloured inflorescences from *Gomphrena globosa* L. and *Bougainvillea* sp. By HPLC-DAD-ESI-MSn. *Anal. Bioanal. Chem.*, 387, 637–648.
- 7 - Miguel M.G., 2018. Betalains in some species of the amaranthaceae family: a review. *Antioxidants*, 7, 53, 1-33.
- 8 - Slimen, I.B., Najar, T., Abderrabba, M., 2017. Chemical and antioxidant properties of betalains. *J. Agric. Food Chem.*, 65, 675–689.

- 9 - Martinez, R. M., Hohmann, M. S., Longhi-Balbinot, D. T., Zarpelon, A. C., Baracat, M. M., Georgetti, S. R., Vicentini, F. T. M. C., Sassonia, R. C., Verri, W. A. Jr, Casagrande, R., 2020. Analgesic activity and mechanism of action of a *Beta vulgaris* dye enriched in betalains in inflammatory models in mice. *Inflammopharmacology*, 28, 6, 1663-1675.
- 10 - Camas, E. M., Matos, S. C. G., Sassonia, R. C.. Processo de produção de corantes de beterraba. 1998, Brasil. Patente: Privilégio de Inovação. Número do registro: PI98021486, título: "Processo de produção de corantes de beterraba", Instituição de registro: INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial. Depósito: 03/06/1998; Concessão: 06/05/2008.
- 11 - von Elbe, J. H., 1998. Betalains: Past and Future, Third International Symposium on Natural Colorants. Princeton, N. J. April 19 – 22, 397-408.
- 12 - Gandía-Herrero, F., García-Carmona, F., 2020. The dawn of betalains. *New Phytol.*, 227, 3, 664-666.
- 13 - Stafford, H. A., 1994. Anthocyanins and betalains: evolution of the mutually exclusive pathways. *Plant Science*, 101,2, 91-98.
- 14 - Slimen I. B., Najar T., Abderrabba, 2017. M. Chemical and Antioxidant Properties of Betalains. *J. Agric. Food Chem.*, 65, 4, 675-689.
- 15 - Delgado-Vargas, F., Jiménez, A. R, Paredes-López, O., 2000. Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains--characteristics, biosynthesis, processing, and stability. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 40, 3,173-289. Obs.: informações sobre testes que diferenciam entre antocianinas e betalainas encontram-se na Tabela 9, página 263.
- 16 - Fennema, O. R., 1985. *Food Chemistry*, 2a ed., Marcel Dekker: New York, 568 –569.
- 17 - Quina, F. H., Bastos, E. L., 2018. Chemistry Inspired by the Colors of Fruits, Flowers and Wine. *An. Acad. Bras. Cienc.*, 90, 1, 681-695.
- 18 - Hendry, G. A. F., Houghton, J. D., 1992. *Natural Food Colorants*, Blackie: Glasgow, 59 – 63 e 217 - 231.
- 19 - Coultate, T. P., 1984. *Alimentos, Química de sus Componentes*, Editorial Acribia, Zaragoza, Espanha, 115 – 117.
- 20 - Stintzing, F. C., Schieber, A., Carle, R., 2002. Identification of betalains from yellow beet (*Beta vulgaris* L.) and cactus pear [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.] by high-performance liquid chromatography-electrospray ionization mass spectrometry. *J Agric Food Chem.*, 50, 8, 2302-7.
- 21 - Azeredo, H. M. C., 2009. Betalains: properties, sources, applications, and stability – a review. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 44, 2365-76.
- 22 - Kanner, J., Harel, S., Granit, R., 2001. Betalains--a new class of dietary cationized antioxidants. *J. Agric. Food Chem.*, 49, 5178-85.
- 23 - Frank, T., Stintzing, F.C., Carle, R., Bitsch, I., Quaas, D., Strass, G., Netzel, M., 2005. Urinary pharmacokinetics of betalains following consumption of red beet juice in healthy humans. *Pharmacol. Res.*, 52, 290–297.

- 24 - Khan, M. I., 2016. Plant Betalains: Safety, Antioxidant Activity, Clinical Efficacy, and Bioavailability. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 15, 316-330.
- 25 - Monteiro, R., Azevedo, I., 2010. Chronic inflammation in obesity and the metabolic syndrome. *Mediators Inflamm.*, 2010, 289645.
- 26 - Calixto, J. B., Campos, M. M., Otuki, M. F., Santos, A. R., 2004. Anti-inflammatory compounds of plant origin. Part II. modulation of pro-inflammatory cytokines, chemokines and adhesion molecules. *Planta Med.*, 70, 2, 93-103.
- 27 - Clifford, T., Howatson, G., West, D. J., Stevenson, E. J., 2015. The potential benefits of red beetroot supplementation in health and disease. *Nutrients*, 7, 2801-22.
- 28 - Pietrzkowski, Z., Nemzer, B, Spórna, A., Stalica, P., Tresher, W., Keller, R., Jimenez, R., Michałowski, T., Wybraniec, S., 2010. Influence of betalain-rich extract on reduction of discomfort associated with osteoarthritis. *New Med.*, 1, 12-17.
- 29 - Barrick, B. J., Bruce, A. J., Kalaaji, A. N., Bauer, B. A., 2013. Clinical improvement of recalcitrant cutaneous sarcoidosis with regular nutritional supplementation with extract of the prickly pear cactus. *Explore (NY)*, 9, 6, 377-8.
- 30 - Krajka-Kuźniak, V., Szaefer, H., Ignatowicz, E., Adamska, T., Baer-Dubowska, W., 2012. Beetroot juice protects against N-nitrosodiethylamine-induced liver injury in rats. *Food Chem. Toxicol.*, 50, 2027-33.
- 31 - El Gamal, A. A., ALSaid, M. S., Raish, M., Al-Sohaibani, M., Al-Massarani, S. M., Ahmad, A., Hefnawy, M., Al-Yahya, M., Basoudan, O. A., Rafatullah, S., 2014. Beetroot (*Beta vulgaris* L.) extract ameliorates gentamicin-induced nephrotoxicity associated oxidative stress, inflammation, and apoptosis in rodent model. *Mediators Inflamm.*, 2014, 983952.
- 32 - Wang, J., Zhang, D., Cao, C., Yao, J., 2020. Betalain exerts a protective effect against glaucoma is majorly through the association of inflammatory cytokines. *AMB Express.*; 10, 1, 125.
- 33 - Martinez, R. M., Longhi-Balbinot, D. T., Zarpelon, A. C., Staurengo-Ferrari, L., Baracat, M. M., Georgetti, S. R., Sassonia, R. C., Verri, W. A. Jr, Casagrande, R., 2015. Anti-inflammatory activity of betalain-rich dye of *Beta vulgaris*: effect on edema, leukocyte recruitment, superoxide anion and cytokine production. *Arch Pharm Res.*, 38, 4, 494-504.
- 34 - Lee, C. H., Wettasinghe, M., Bolling, B. W., Ji, L. L., Parkin, K. L., 2005. Betalains, phase II enzyme-inducing components from red beetroot (*Beta vulgaris* L.) extracts. *Nutr Cancer.*, 53, 1, 91-103.
- 35 - Esterbauer, H., Schaur, R. J., Zollner, H., 1991. Chemistry and biochemistry of 4-hydroxynonenal, malonaldehyde and related aldehydes. *Free Radic Biol Med.*, 11, 81-128.
- 36 - Tan, D., Wang, Y., Bai, B., Yang, X., Han, J. 2015. Betanin attenuates oxidative stress and inflammatory reaction in kidney of paraquat-treated rat. *Food Chem. Toxicol.*, 78, 141-6.
- 37 - Baker, R. G., Hayden, M. S., Ghosh, S., 2011. NF- κ B, inflammation, and metabolic disease. *Cell Metab.*, 13, 1, 11-22.

38 - Blanco, M. L., Neto, A. C., 2003. O fator nuclear Kappa B: uma nova perspectiva para o estudo de drogas antiinflamatórias. *Rev. Ciênc. Med.* 2003, 12, 4, 341-349.

39 - Copple, I. M., 2012. The Keap1-Nrf2 cell defense pathway: a promising therapeutic target? *Adv. Pharmacol.*, 63, 43-79.

40 - Esatbeyoglu, T.; Wagner, A. E.; Motafakkerazad, R.; Nakajima, Y.; Matsugo, S.; Gerald Rimbach, G., 2014. Free radical scavenging and antioxidant activity of betanin: Electron spin resonance spectroscopy studies and studies in cultured cells. *Food Chem. Toxicol.*, 73, 119-126.

41 - Abraham, N. G., Junge, J. M., Drummond, G. S., 2016. Translational significance of heme oxygenase in obesity and metabolic syndrome. *Trends Pharmacol Sci.*, 37, 1, 17-36.

42 - Zielińska-Przyjemska, M., Olejnik, A., Dobrowolska-Zachwieja, A., Grajek, W., 2009. In vitro effects of beetroot juice and chips on oxidative metabolism and apoptosis in neutrophils from obese individuals. *Phytother Res.*, 23, 1, 49-55.

43 - Barbosa, K. B. F., Costa, N. M. B., Alfenas, R. de Cássia G., De Paula, S. O., Minim, V. P. R., Bressan, J., 2010. *Rev. Nutr.*, 23, 4, 629-643.

44 - Reddy, M. K., Alexander-Lindo, R. L., Nair, M. G., 2005. Relative inhibition of lipid peroxidation, cyclooxygenase enzymes, and human tumor cell proliferation by natural food colors. *J. Agric. Food Chem.*, 53, 9268-73.

45 - Wootton-Beard, P. C., Moran, A., Ryan, L., 2011. Stability of the total antioxidant capacity and total polyphenol content of 23 commercially available vegetable juices before and after in vitro digestion measured by FRAP, DPPH, ABTS and Folin-Ciocalteu methods. *Food. Res. Int.*, 44, 217-224.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Absorção de água 120, 123, 127, 129, 216

Água 4, 6, 19, 20, 21, 27, 38, 40, 43, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 73, 82, 93, 104, 105, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 141, 142, 147, 164, 165, 174, 183, 184, 192, 203, 213, 214, 216, 222

Alimentação coletiva 8

Alimentos fermentados 196, 197, 198, 200, 203

Análise sensorial 62, 64, 65, 66, 67, 86, 88, 89, 90, 93, 94, 96, 98, 162

Antimicrobiano 49

Antioxidante 37, 42, 43, 44, 49, 51, 53, 102, 109, 137, 140, 145, 213

Armazenamento 5, 6, 11, 14, 24, 26, 27, 57, 59, 109, 114, 137, 158, 159, 161, 162, 165, 166, 167, 168, 173, 182, 183, 185, 187, 191, 192, 220, 224

Aromatizantes 62, 63, 64, 65, 66, 67, 139

B

Betaláínas 37, 38, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 213

Beterraba 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 210, 211, 213, 214, 215, 216, 219

Biocologia 181, 189, 197, 205, 206, 208

C

Carne 17, 18, 58, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 87, 91, 93, 101, 103, 105, 106, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 128, 129, 169, 170, 171, 178, 180, 181, 199, 203, 204, 211, 212, 213, 217, 219, 220, 221, 225, 226

Carne de sol 62, 63, 64, 65, 66, 67

Comércio popular 1

Composição centesimal 105, 106, 211, 214

Congelamento 18, 31, 158, 159, 160, 161, 167, 168

Conservação 4, 5, 11, 26, 28, 63, 100, 101, 114, 132, 136, 137, 159, 168, 169, 197, 198, 202, 203, 205, 211, 225

D

Dietas restritivas 68, 70, 71

Digestão *in vitro* 49, 51, 53, 54

Doce de leite 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 80, 81, 82, 83, 84, 85

Dripping test 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127

E

Emulsão 101, 103, 110, 131, 132, 141, 212, 214, 215

Estresse 37, 42, 43, 44, 64, 111, 112, 113, 114, 115, 117, 118, 119, 120, 122, 123, 124, 126

Estresse oxidativo 37, 42, 43, 44

F

Fermentação 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 101, 172, 182, 188, 189, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 208

Fibras 86, 87, 92, 93, 96, 97, 98, 154, 155, 208, 214

Físico-química 55, 77, 85, 100, 146, 178, 187, 195, 211, 213, 215

Fungos 37, 38, 54, 170, 171, 172, 173, 175, 176, 177, 178, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 199, 234

G

Graduação 85, 109, 118, 129, 130, 206, 208, 217, 227, 228, 230, 232, 233, 234

H

Hábitos de consumo 24

Higiene 2, 3, 5, 6, 8, 9, 11, 13, 15, 16, 24, 25, 26, 27, 64, 78, 110, 129, 185, 219, 220, 224, 225, 226

Hipertensão 149, 150, 151, 152, 154, 155, 156, 157

I

Inflamação 37, 42, 44

Interdisciplinaridade 227

Isolamento 17, 38, 170, 172, 173, 176, 180, 182, 183, 186, 188, 190, 191, 193, 200

L

Lácteos funcionais 49

Lactossoro 29, 31

Lipases 171, 173, 177, 178, 180, 181, 183, 184, 186, 187, 188, 189, 191, 194

M

Micro-organismos 54, 170, 171, 172, 188, 196, 224

N

Nanotecnologia 130, 131, 132, 136, 144, 148

Novo produto 86, 90, 92, 96

P

Pescado 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 17, 18, 19, 86, 87, 90, 91, 92, 93, 98, 111, 112, 113, 115, 117, 118, 119, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169

PET 227, 228, 229, 230, 232, 233

Prebiótico 150, 151

Propriedade intelectual 130, 131, 139, 140, 144, 146

Proteases 171, 172, 173, 174, 177, 178, 180, 181, 183, 184, 186, 187, 188, 189, 191, 192, 194

Proteína 17, 18, 58, 63, 70, 71, 88, 93, 95, 96, 103, 104, 105, 108, 112, 201, 211, 213, 214, 215, 216

Q

Qualidade 1, 3, 4, 5, 6, 8, 15, 17, 18, 24, 25, 27, 35, 55, 57, 58, 59, 60, 63, 64, 68, 70, 72, 81, 82, 84, 87, 90, 101, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 115, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 124, 128, 149, 150, 156, 158, 159, 160, 161, 162, 165, 166, 167, 168, 169, 172, 178, 182, 187, 191, 195, 196, 197, 201, 203, 207, 213, 215, 216, 217, 218, 220, 221, 224, 225, 226

Qualidade da carne 63, 64, 101, 112, 113, 117, 118, 120, 121, 122, 124, 221

Qualidade do ovo 58

R

RNA's 120, 122, 126

S

Salsicha 87, 100, 101, 106, 107, 108, 109, 110, 210, 211, 212, 215, 216, 217

Segurança dos alimentos 24, 25, 198

V

Visibilidade 227

ENSINO E PESQUISA NO CAMPO DA ENGENHARIA E DA TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 


Ano 2021

ENSINO E PESQUISA NO CAMPO DA ENGENHARIA E DA TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 


Ano 2021