



Vanessa Bordin Viera
Natiéli Piovesan
(Organizadoras)

Avanços e Desafios da Nutrição 3

Vanessa Bordin Viera
Natiéli Piovesan
(Organizadoras)

Avanços e Desafios da Nutrição 3

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 da nutrição 3 [recurso eletrônico] / Organizadoras Vanessa Bordin Viera, Natiéli Piovesan. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Avanços e Desafios da Nutrição no Brasil; v. 3) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-340-8 DOI 10.22533/at.ed.408192405 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 3*, 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
AÇÚCARES E MINERAIS EM FRUTOS DE ACEROLA (<i>Malpighia emarginata</i> D.C.): MUDANÇAS DURANTE A MATURAÇÃO	
Siluana Katia Tischer Seraglio	
Mayara Schulz	
Fabiana Della Betta	
Priscila Nehring	
Luciano Valdemiro Gonzaga	
Roseane Fett	
Ana Carolina Oliveira Costa	
DOI 10.22533/at.ed.4081924051	
CAPÍTULO 2	12
ADEQUAÇÃO DA ROTULAGEM DE PRODUTOS INTEGRAIS COM AS RDC Nº 54/2012 E RDC Nº 359/2003	
Daniella Pilatti Riccio	
Patrícia Thomazi	
Weber Jucieli	
Vania Zanella Pinto	
DOI 10.22533/at.ed.4081924052	
CAPÍTULO 3	19
AGARICUS BRASILIENSIS: UMA BREVE REVISÃO SOBRE SEUS COMPOSTOS BIOATIVOS	
Katielle Rosalva Voncik Córdova	
Herta Stutz	
David Chacón Alvarez	
Vanderlei Aparecido de Lima	
Nina Waszczyński	
DOI 10.22533/at.ed.4081924053	
CAPÍTULO 4	27
ANÁLISE DE DOCUMENTOS DE PATENTES E PUBLICAÇÕES ENVOLVENDO BATATA-DOCE (<i>Ipomoea batatas</i> L. LAM)	
Cláudio Eduardo Cartabiano Leite	
José Francisco dos Santos Silveira Júnior	
Alicia de Francisco	
Itaciara Larroza Nunes	
DOI 10.22533/at.ed.4081924054	
CAPÍTULO 5	39
ANÁLISE E TREINAMENTO AOS MANIPULADORES DE ALIMENTOS EM RESTAURANTES DO TIPO SELF SERVICE NO MUNICÍPIO DE NAVIRAÍ-MS	
Laís Lúcio Velloso	
Silvia Benedetti	
DOI 10.22533/at.ed.4081924055	

CAPÍTULO 6	53
ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E SENSORIAL DE BISCOITO COM ADIÇÃO DE FARINHA DE GOJI BERRY (<i>Lycium barbarum</i>)	
Thais Stoski	
José Raniere Mazile Vidal Bezerra	
Isabela Maria Palhano Zanela	
Sabrina Ferreira Bereza	
Maria Paula Kuiavski	
DOI 10.22533/at.ed.4081924056	
CAPÍTULO 7	63
ANÁLISE SENSORIAL DE PAÇOCA DE PILÃO CUIABANA COMERCIALIZADA NA CIDADE DE CUIABÁ/MT	
Franq Cleiton Batista Araujo	
Alessandra de Oliveira Moraes Dias	
Krishna Rodrigues de Rosa	
Márcia Helena Scabora	
Patrícia Aparecida Testa	
DOI 10.22533/at.ed.4081924057	
CAPÍTULO 8	69
ATIVIDADE ANTIFÚNGICA DE ÓLEOS ESSENCIAIS NO CONTROLE DE <i>Aspergillus flavus</i>	
Giseli Cristina Pante	
Juliana Cristina Castro	
Tatiane Viana Dutra	
Jéssica Lima de Menezes	
Bruno Martins Centenaro	
Miguel Machinski Junior	
DOI 10.22533/at.ed.4081924058	
CAPÍTULO 9	77
ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E ANTIMICROBIANA DO EXTRATO DE <i>Lentinula edodes</i>	
Fabiane Bach	
Cristiane Vieira Helm	
Alessandra Cristina Pedro	
Ana Paula Stafussa	
Giselle Maria Maciel	
Charles Windson Isidoro Haminiuk	
DOI 10.22533/at.ed.4081924059	
CAPÍTULO 10	88
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO LEITE <i>IN NATURA</i> PRODUZIDO POR PEQUENOS PRODUTORES DO MUNICÍPIO DE BAGÉ-RS, BRASIL	
Stela Maris Meister Meira	
Bruna Madeira Noguez	
Roger Junges da Costa	
Mônica Daiana de Paula Peters	
DOI 10.22533/at.ed.40819240510	

CAPÍTULO 11 93

AVALIAÇÃO DA TEMPERATURA DE SECAGEM NA ELABORAÇÃO DA FARINHA DO CAROÇO DE ABACATE (*Persea americana mill*)

Cesar Vinicius Toniciolli Riguetto
Carolina Costa Soares
Maiara Vieira Brandão
Ítalo Cesar Ribeiro Alonso
Claudineia Aparecida Queli Geraldi
Fabiano Pereira Machado
Raquel Aparecida Loss

DOI 10.22533/at.ed.40819240511

CAPÍTULO 12 102

AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE SUMO DE LIMÃO PARA A DESCONTAMINAÇÃO DE OSTRAS (*Crassostrea gigas*) ARTIFICIALMENTE CONTAMINADAS

Beatriz Oliveira Cardoso
Deise Helena Baggio Ribeiro

DOI 10.22533/at.ed.40819240512

CAPÍTULO 13 114

AVALIAÇÃO DAS COORDENADAS COLORIMÉTRICAS DE LEITES UHT COM BAIXO TEOR DE LACTOSE

Neila Silvia Pereira dos Santos Richards

DOI 10.22533/at.ed.40819240513

CAPÍTULO 14 123

AVALIAÇÃO DO FRESCOR E DAS CONDIÇÕES HIGIÊNICO-SANITÁRIAS DO PESCADO COMERCIALIZADO EM SUPERMERCADOS DA CIDADE DE CUIABÁ/MT

Alessandra De Oliveira Moraes
Franq Cleiton Batista Araujo
Krishna Rodrigues De Rosa
Márcia Helena Scabora
Patrícia Aparecida Testa

DOI 10.22533/at.ed.40819240514

CAPÍTULO 15 128

AVALIAÇÃO E ORIENTAÇÃO DE BOAS PRÁTICAS DE MANIPULAÇÃO DE ALIMENTOS NO COMÉRCIO INFORMAL DO MUNICÍPIO DE NAVIRAI-MS

Gabrielli Barros Silva
Lucas de Andrade de Araújo
Pedro Paullo Alves dos Santos
Silvia Benedetti

DOI 10.22533/at.ed.40819240515

CAPÍTULO 16 135

AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE GUAVIROVAS COLHIDAS NO MUNICÍPIO DE INÁCIO MARTINS – PR

Amanda Moro Sestile
Karina Czaikoski
Aline Czaikoski
Katielle Rosalva Voncik Cordova

DOI 10.22533/at.ed.40819240516

CAPÍTULO 17	145
AVALIAÇÃO SENSORIAL DE BALAS MASTIGÁVEIS DE POLPA DE PÊSSEGOS (<i>Prunus Pérsica</i> L.)	
Lisiane Pintanela Vergara	
Josiane Freitas Chim	
Rosane da Silva Rodrigues	
Gerônimo Goulart Reyes Barbosa	
Rui Carlos Zambiasi	
DOI 10.22533/at.ed.40819240517	
CAPÍTULO 18	152
BACTERIOCINAS: PEPTÍDEOS ANTIMICROBIANOS E SUAS APLICAÇÕES NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS	
Larissa Cristina Costa	
Marcia Regina Terra	
Katia Real Rocha	
Marcia Cristina Furlaneto	
Luciana Furlaneto-Maia	
DOI 10.22533/at.ed.40819240518	
CAPÍTULO 19	165
BEBIDA À BASE DE KEFIR DE ÁGUA	
Mariane Lobo Ugalde	
Valmor Ziegler	
Diéli Marina Gemélli da Silva	
Schaiane Inácio da Silva dos Reis	
Thiane Helena Bastos	
DOI 10.22533/at.ed.40819240519	
CAPÍTULO 20	172
BEBIDA FERMENTADA DE KEFIR DE ÁGUA E YACON	
Iasmin Caroline de Almeida Veeck	
Mariane Lobo Ugalde	
Valmor Ziegler	
Alice Pires Freitas	
Erica Varnes Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.40819240520	
CAPÍTULO 21	178
CÁLICE DE <i>Physalis peruviana</i> UM RESÍDUO BIOATIVO E MÉTODOS DE PREPARAÇÃO DE SISTEMAS NANOEMULSIONADOS - REVISÃO	
Maiara Taís Bazana	
Cristiano Ragagnin de Menezes	
Fabrizio da Fonseca Barbosa	
DOI 10.22533/at.ed.40819240521	
CAPÍTULO 22	194
CARACTERIZAÇÃO DE EXTRATOS DE MAÇÃ (<i>Malus</i> spp.) E DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE ENZIMÁTICA PELO MÉTODO DO ÁCIDO DINITRO 3,5-SALICÍLICO (ADNS)	
Bianca D'arck Melo Cavalcante	
DOI 10.22533/at.ed.40819240522	

CAPÍTULO 23 203

CENSO SOCIOECONÔMICO DE ESTUDANTES DO ENSINO TÉCNICO E TECNÓLOGO NA ÁREA DE ALIMENTOS E AFINS DE UMA INSTITUIÇÃO DE CUIABÁ/MT

Krishna Rodrigues de Rosa
Bruno Pereira da Silva
Doval Nascimento da Conceição
Larissa Kely Dantas
Márcia Helena Scabora

DOI 10.22533/at.ed.40819240523

CAPÍTULO 24 209

COMPOSIÇÃO PROXIMAL E INCORPORAÇÃO DOS TEORES DE CAROTENOIDES TOTAIS EM RESÍDUOS DE BATATA DOCE (*Ipoemoea batatas*) FERMENTADO VIA BIOPROCESSO EM ESTADO SÓLIDO UTILIZANDO O FUNGO *Pleurotus ostreatus*

Pedro Garcia Pereira da Silva
Priscila de Souza Araújo
Sarah de Souza Araújo
Cinthia Aparecida de Andrade Silva
Gustavo Graciano Fonseca

DOI 10.22533/at.ed.40819240524

CAPÍTULO 25 218

COMPOSIÇÃO PROXIMAL E TEORES DE CAROTENOIDES TOTAIS EM RESÍDUOS DE GOIABA (*Psidium guajava* L.) E ABACAXI (*Ananas comosus*)

Pedro Garcia Pereira da Silva
Aline Rodrigues Pontes
Luan Gustavo dos Santos
Thamires Aparecida dos Santos Zago
Gisele Fernanda Alves da Silva

DOI 10.22533/at.ed.40819240525

CAPÍTULO 26 226

COMPOSTO DE MEL COM EXTRATO DE PRÓPOLIS SABORIZADO: AVALIAÇÃO DA ROTULAGEM QUANTO À INFORMAÇÃO NUTRICIONAL

Krishna Rodrigues de Rosa
Franq Cleiton Batista Araujo
Alessandra de Oliveira Moraes Dias
Carla Luciane Kreutz Braun

DOI 10.22533/at.ed.40819240526

CAPÍTULO 27 230

COMPOSTOS BIOATIVOS EM FRUTOS PEQUI (*Caryocar brasiliense* Camb.) E BARU (*Dipteryx alata* Vogel) E SEUS USOS POTENCIAIS: UMA REVISÃO

Francine Oliveira Batista
Romaildo Santos de Sousa

DOI 10.22533/at.ed.40819240527

CAPÍTULO 28	239
CONDIÇÕES HIGIÊNICO-SANITÁRIAS: ESTUDO DE CASO EM COZINHA INDUSTRIAL DO MUNICÍPIO DE MARINGÁ-PR	
Amanda Gouveia Mizuta Yasmin Jaqueline Fachina Carolina Moser Paraíso Grasiele Scaramal Madrona	
DOI 10.22533/at.ed.40819240528	
CAPÍTULO 29	249
CONHECIMENTO E HÁBITOS DE CONSUMO DE FRUTOS NATIVOS DO CERRADO DO ALTO PARANAÍBA	
Júlia Nascimento Caldas Mariana Teixeira Pigozzi Fabrícia Queiroz Mendes	
DOI 10.22533/at.ed.40819240529	
CAPÍTULO 30	256
CONSUMO DE ALIMENTOS DO TIPO LANCHES RÁPIDOS (<i>Fast Food</i>) POR ESTUDANTES DE ENSINO MÉDIO	
Andréia Cirolini Taís Paranhos Bilião Vanessa Pires da Rosa Ana Paula Daniel	
DOI 10.22533/at.ed.40819240530	
CAPÍTULO 31	261
CORANTES NATURAIS EXTRAÍDOS DE FRUTAS E HORTALIÇAS – UMA BREVE REVISÃO	
Jéssica Barrionuevo Ressutte Eduardo Makiyama Klosowski Jéssica Maria Ferreira de Almeida Grasiele Scaramal Madrona	
DOI 10.22533/at.ed.40819240531	
CAPÍTULO 32	268
DESENVOLVIMENTO DE MASSA ALIMENTÍCIA, SEM GLÚTEN, A PARTIR DE FARINHAS ALTERNATIVAS	
José Mario Angler Franco Danieli Ludwig Joseana Severo Raul Vicenzi Eilamaria Libardoni Vieira Gislaine Hermanns	
DOI 10.22533/at.ed.40819240532	
CAPÍTULO 33	275
DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DO KIWI E DETERMINAÇÃO DE VITAMINA C	
Luzimary de Jesus Ferreira Godinho Rocha José Francisco Lopes Filho Javier Telis Romero Gisandro Reis de Carvalho Harvey Alexander Villa Vélez	
DOI 10.22533/at.ed.40819240533	

CÁLICE DE *Physalis peruviana* UM RESÍDUO BIOATIVO E MÉTODOS DE PREPARAÇÃO DE SISTEMAS NANOEMULSIONADOS - REVISÃO

Maiara Taís Bazana

Curso de Especialização em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Pelotas (UFPeI)

Pelotas - Rio Grande do Sul

Cristiano Ragagnin de Menezes

Departamento de Tecnologia e Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

Santa Maria - Rio Grande do Sul

Fabrizio da Fonseca Barbosa

Curso de Especialização em Ciência dos Alimentos, Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas (UFPeI)

Pelotas - Rio Grande do Sul

RESUMO: A utilização de extratos de plantas e seus derivados é uma tendência crescente para aplicação na indústria alimentícia. Estes extratos, muitas vezes, são obtidos a partir de resíduos de plantas, os quais podem apresentar alto valor nutricional e sua reutilização pode ser economicamente viável. Além disso, a nanotecnologia pode ser aliada, desenvolvendo formulações capazes de impedir a degradação de compostos bioativos e melhorar sua biodisponibilidade. Entre os resíduos de pequenas frutas, se encontra o cálice de *P. peruviana*, o qual é uma fonte de

compostos bioativos e possui atividade anti-inflamatória e capacidade antioxidante, além de outros usos populares. Este estudo tem como objetivo uma revisão bibliográfica sobre a *P. peruviana*, com ênfase nas pesquisas já realizadas com o cálice. Assim como, abordar os principais métodos de preparação de nanoemulsões que são classificados como de alta energia (homogeneização a alta pressão, microfluidização e sonicação) e de baixa energia (emulsificação espontânea, inversão de fase e ponto de inversão de emulsão), propondo a utilização da nanotecnologia para auxiliar na proteção dos compostos bioativos e possível aplicação na indústria de alimentos. Com este estudo pretendemos contribuir para aplicação dessa tecnologia inovadora a outros resíduos (que muitas vezes são considerados descartes) ou extratos de plantas, favorecendo o desenvolvimento de novos produtos alimentares funcionais, ricos em compostos benéficos para a saúde.

PALAVRAS-CHAVE: *Goldenberry*, métodos de alta e baixa energia, nanotecnologia.

ABSTRACT: Plant extracts and their derivatives is a growing trend for application in the food industry. These extracts are often obtained from plant residues, which may have high nutritional value and are reusable economically. The nanotechnology can be allied by developing

formulations capable of preventing the degradation of bioactive compounds and improving their bioavailability. In the residues of small fruits, we can find the calyx of *P. peruviana*, is a source of bioactive compounds and has anti-inflammatory activity and antioxidant capacity, as well as other popular uses. This study aims at a bibliographical review on *P. peruviana* with emphasis on research already carried out with the calyx. As well as addressing the main methods of preparation of nanoemulsions that are classified as high energy (high-pressure homogenization, microfluidization and sonication) and low energy (spontaneous emulsification, phase inversion and emulsion inversion point) proposing the use of nanotechnology to assist in the protection of these compounds and possible application in the food industry. With this study we want to contribute to the application of this innovative technology to other residues (which are often considered discards) or plant extracts, favoring the development of new functional food products, rich in compounds beneficial to health.

KEYWORDS: Goldenberry, high and low energy methods, nanotechnology

1 | INTRODUÇÃO

A utilização de extratos de plantas ou seus derivados é uma tendência crescente para aplicação em alimentos e bebidas na indústria alimentícia (PERUMALLA; HETTIARACHCHY, 2011). Muitas vezes, estes extratos são obtidos pelos resíduos das plantas, sendo um fator relevante à utilização dos mesmos, uma vez que são subprodutos, os quais podem apresentar alto valor nutricional e sua reutilização pode ser economicamente viável. Ressalta-se a importância desses produtos, pois muitas vezes representam uma importante fonte de compostos com atividade biológica, sendo benéficos para a saúde (SONJA; JASNA; GORDANA, 2009).

Considerando esses aspectos, buscou-se estudar o cálice da planta *Physalis peruviana* L. pertencente à família Solanaceae, que possui cerca de 120 espécies, distribuídas em regiões tropicais e subtropicais da África, Ásia e América (KUSPKA; JÉLEN, 2016). O cálice é um invólucro que sustenta os frutos comestíveis, protegendo-os naturalmente ao longo do seu desenvolvimento e amadurecimento, contra insetos, aves, doenças e situações climáticas adversas. Além disso, esta estrutura representa uma fonte essencial de carboidratos durante os primeiros 20 dias de crescimento e desenvolvimento do fruto (TAPIA; FRIES, 2007; PUENTE et al., 2011).

No entanto, estudos utilizando o cálice de *P. peruviana*, assim como pesquisas com seu extrato, ainda são bastante limitados. Sabe-se que ele é rico em compostos bioativos, possuindo potente atividade antioxidante (GIRONÉS-VILAPLANA et al., 2014; TORO et al., 2014) e anti-inflamatória comprovada (FRANCO et al., 2007; FRANCO et al., 2014; CASTRO; OCAMPO; FRANCO, 2015), dentre outros usos na medicina popular como anticancerígeno, antipirético, diurético, antimicrobiano e imunomodulador (FRANCO et al., 2007).

O cultivo de *P. peruviana* tem se expandido em países tropicais e subtropicais,

sendo a Colômbia o maior produtor mundial seguido pela África do Sul, exportando os frutos para outros países da América, mas principalmente para o continente europeu (RUFATO et al., 2013). No Brasil, por ser uma atividade agrícola recente, a *Physalis* é comercializada como fruta exótica. Embora não haja produção em grande escala no país, a *P. peruviana* já é plenamente aceita pelo mercado consumidor, apresentando um consumo igual ou até superior às demais culturas do segmento de Pequenas Frutas (MUNIZ; MOLINA; MUNIZ, 2015). Dessa forma, o país pode evitar a dependência do mercado estrangeiro e viabilizar a produção para atender o mercado interno brasileiro (EMBRAPA, 2016).

A nanotecnologia é um setor que tem sido destaque em pesquisas com alimentos e sua aplicação na indústria alimentar vem crescendo (HAMAD et al., 2018), impulsionados pela necessidade de sistemas comestíveis capazes de encapsular, proteger e liberar compostos funcionais (ARANCIBIA et al., 2017). Entre os variados nanossistemas, as nanoemulsões são utilizadas na indústria de alimentos na produção de edulcorantes, óleos aromatizados, molhos para saladas, bem como em outros alimentos processados (HAMAD et al., 2018). A preparação das nanoemulsões pode ser realizada por uma variedade de métodos, classificados como métodos de alta energia e baixa energia (ANANDHARAMAKRISHNAN, 2014).

Portanto, o objetivo deste estudo foi realizar uma revisão sobre o cálice de *P. peruviana* e as principais técnicas para obtenção de nanoemulsões. Visando dar ênfase a esse derivado natural, propondo estimular mais pesquisas e aplicações do cálice, incluindo seu emprego em nanoestruturas, valorizando este resíduo rico em compostos bioativos.

2 | A IMPORTÂNCIA DOS BIOATIVOS EM RESÍDUOS DE FRUTAS

O Brasil ocupa a terceira posição na produção de frutas no mundo e com isso o processamento dos sucos de frutas nas indústrias gera um grande volume de resíduos, os quais podem ser explorados para a produção de substâncias altamente valorizadas (FORSTER-CARNEIRO et al., 2013). O descarte desses resíduos torna-se um problema, atualmente agravado por restrições ambientais, tais como as que constam na Política Nacional de Resíduos Sólidos e na Resolução do CONAMA nº 313 de 29 de setembro de 2002, que dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Industriais. Assim, ressalta-se a importância da utilização destes resíduos, pois muitas vezes, representam uma importante fonte de açúcares, minerais, ácidos orgânicos, fibra dietética e fenólicos. Além disso, esses compostos possuem várias ações benéficas para a saúde que incluem atividade antitumoral, antiviral, antibacteriana, cardioprotetora e antimutagênica (SONJA; JASNA; GORDANA, 2009). Para exemplificar, nas frutas o processamento origina dois principais subprodutos, a casca e as sementes, sendo que o extrato desses resíduos contém uma quantidade considerável de compostos

bioativos (GOOT et al., 2016).

Assim, salienta-se a importância do conhecimento detalhado sobre esses resíduos e sua caracterização química, contribuindo para sua utilização como fonte de compostos bioativos (ABDENNACER et al., 2015). Esses compostos são encontrados em pequenas quantidades nos alimentos e são considerados como ingredientes não nutricionais, mas vitais para a manutenção da saúde humana (PATIL et al., 2009). Aliado a isso, em meados de 1980, no Japão, surge, primeiramente, a terminologia de alimentos funcionais. Sendo que, o conceito se referia aos alimentos usados como parte de uma dieta normal que demonstram benefícios fisiológicos ou reduzem o risco de doenças crônicas, além de suas funções básicas nutricionais. Esses alimentos, designados para “uso específico de saúde” (FOSHU, do inglês *foods for specified health use*), apresentam um selo de aprovação do Ministério da Saúde e Bem-estar japonês, assim o conceito foi rapidamente adotado no mundo (COSTA; ROSA, 2016).

3 | PHYSALIS PERUVIANA

O cultivo de pequenas frutas no Brasil tem despertado a atenção de produtores, comerciantes e consumidores, especialmente nos últimos anos. A inserção das pequenas frutas, como atividade econômica, é ainda bastante incipiente e inovadora, caracterizando-se, de modo geral, pelo baixo custo de implantação e de produção, acessível aos pequenos produtores, bom retorno econômico em curto prazo, boa adaptação às condições socioeconômicas e ao ambiente local, grande exigência de mão de obra, possibilidade de cultivo no sistema orgânico e demanda maior do que a oferta (MUNIZ et al., 2011).

Entre as plantas produtoras de pequenas frutas está a *P. peruviana* (Figura 1) que é uma planta herbácea, semi-arbustiva, vertical e perene, podendo atingir 0,6 a 0,9 metros e em alguns casos pode alcançar até 1,8 m. As flores podem ser facilmente polinizadas por insetos, pelo vento e também por autopolinização. Os frutos possuem coloração laranja-amarelada e uma baga suculenta com formato ovoide. O diâmetro varia entre 1,25 e 2,50 cm e peso entre 4 e 10 g, contendo interiormente cerca de 100 a 200 pequenas sementes amareladas. Esse fruto é protegido pelo cálice que cobre completamente os frutos ao longo do seu desenvolvimento e amadurecimento (TAPIA; FRIES, 2007; PUENTE et al., 2011).

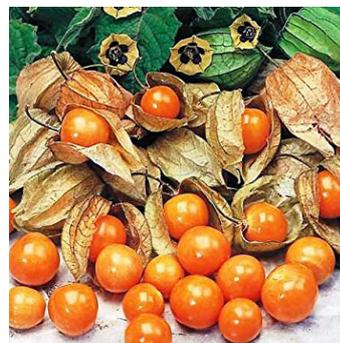


Figura 1. *Physalis peruviana* (Fonte: Google imagens)

O fruto de *P. peruviana* recebe variados nomes ao redor do mundo, sendo conhecido como *uchuva* na Colômbia, *uvilla* em Equador, *cereza del Perú* ou *aguaymanto* no Peru, *topotopo* na Venezuela e *goldenberry* ou *cape gooseberry* em países de língua inglesa (PUENTE et al., 2011). No Brasil, é conhecido em algumas regiões como no Norte e Nordeste sendo comum nos quintais, por nomes como: camapu, camambu, camaru, joá-de-capote, joá-poca, balão-rajado, mulaca, saco-de-bode, bucho-de-rã e mata-fome (LICODIEDOFF, 2012). A planta *P. peruviana* é originária de países Andinos, sendo cultivada em países sul-americanos, especialmente Colômbia, Peru e Equador; e atualmente disponível em mercados internacionais (OLIVARES-TENORIO, 2016).

Em 1999 a Estação Experimental Santa Luzia, localizada em São Paulo, iniciou as pesquisas desta fruta no Brasil, sendo pioneira no cultivo. Para o comércio na capital paulista, a estação produz de 2 a 3 toneladas anuais (RUFATO et al., 2013). Já em Lages, SC, foram verificados valores de produção de *P. peruviana* entre 2 a 8,67 ton.ha⁻¹ em áreas experimentais (BRIGHENTI et al., 2008).

A *P. peruviana* é uma boa fonte de provitamina A, minerais, vitamina C e vitaminas do complexo B. A fruta contém 15% de sólidos solúveis (principalmente açúcares) e alta concentração de frutose. Assim como o nível de fósforo também é elevado para uma fruta. Além disso, seu alto teor de fibra dietética é importantíssimo, pois a pectina das frutas atua como um regulador intestinal (HASSANIEN, 2011).

Várias pesquisas vêm sendo desenvolvidas com diferentes partes da planta como a obtenção da principal fração (4β- hidroxivitanolídeo) a partir do extrato das partes aéreas da planta (hastes e folhas). Essa fração é responsável por inibir o crescimento de células cancerígenas do pulmão, podendo ser um potencial quimioterápico (YEN et al., 2010). Já nos cálices de *P. peruviana* também foi isolado um vitanolídeo (28-hidroxivitanolídeo E) (DINAN; SARKER; SIK, 1997), indicando a variedade de compostos bioativos que a planta possui. De acordo com Severo e colaboradores (2010), os teores de carotenoides totais e de fenóis totais dos frutos foram avaliados e verificou-se que até o estágio de amadurecimento 4 (coloração amarelo-amarronzado) os teores foram crescentes. A atividade antioxidante se mostrou superior em frutos nos estádios iniciais de amadurecimento. Foi observado em condições ambientais de armazenamento que os teores de ambos aumentaram. Desse modo, nesse estudo foi

observado, que os frutos de *P. peruviana* são fontes significativas de carotenoides e compostos fenólicos, porém apresentam baixa atividade antioxidante. Porém, Wu e colaboradores (2005) observaram que os extratos etanólicos de *P. peruviana* possuem boa atividade antioxidante diferindo do estudo anterior.

P. peruviana é um potencial candidato para o processamento de novos alimentos funcionais, devido as suas propriedades nutricionais, bem como os seus componentes biologicamente ativos como compostos fenólicos, vitanolídeos, carotenoides, compostos aromáticos e voláteis (HASSANIEN, 2011). Em particular, o fruto apresenta uma abundância de constituintes, destacando-se os fenóis e flavonoides (ROP et al., 2012; SATHYADEVI; SUBRAMANIAN, 2015); vitamina E (RAMADAN; MORSEL, 2003), β -caroteno (RAMADAN; MORSEL, 2003; BRIONES-LABARCA et al., 2013; ETZBACH et al, 2018) e ácido ascórbico (ROP et al., 2012; BRIONES-LABARCA et al., 2013). De acordo com Teixeira e colaboradores (2016) o fruto de *P. peruviana* possui compostos fenólicos, os quais são variáveis de acordo com o local de plantio. Pois, os frutos cultivados na região de Huánuco no Peru apresentaram $149,3 \pm 1,62$ mg/Eq de ácido gálico/100 g de fruto, nas demais regiões (Junín, Ancash e Cajamarca) se observou valores menores.

Portanto, o desafio de preservar as propriedades nutracêuticas sugere a aplicação de tecnologias inovadoras para a estabilização desta polpa. Entre essas tecnologias, a aplicação de alta pressão hidrostática (APH) tem o potencial de produzir alimentos de alta qualidade que exibem características de produtos frescos, são microbiologicamente seguros e têm uma vida útil prolongada (FERRARI, MARESCA; CICCARONE, 2010; HUANG et al., 2014b). Além disso, o emprego da encapsulação é uma alternativa muito promissora; no entanto com a espécie de *P. peruviana* foi encontrado na literatura o estudo descrito a seguir com microencapsulamento, mas não foi encontrado com nanoencapsulamento. Nesse estudo, o suco de *P. peruviana* foi microencapsulado usando maltodextrina misturada com goma arábica, alginato e pectina para aumentar a estabilidade em fluídos de digestão simulados. As microcápsulas mostraram reter mais de 75% dos compostos fenólicos para todos os tipos de goma. *In vitro* foi possível verificar que a liberação de compostos fenólicos das microcápsulas foi maior no fluido intestinal simulado do que no meio gástrico (DAG; KILERCIOGLU; OZTOP, 2017).

3.1 Cálice de *P. peruviana*

A origem do nome *Physalis* provém do grego, onde “*Physa*” significa bolha ou bexiga, referindo-se ao cálice que sustenta seus frutos comestíveis (LICODIEDOFF, 2012). O cálice, formado por cinco sépalas, também conhecido como cesta de frutas ou lanterna chinesa é um invólucro que protege naturalmente o fruto ao longo do seu desenvolvimento e amadurecimento, protegendo-o contra insetos, aves, doenças e situações climáticas adversas. Além disso, esta estrutura representa uma fonte essencial de carboidratos durante os primeiros 20 dias de crescimento e desenvolvimento do

fruto (TAPIA; FRIES, 2007; PUENTE et al., 2011). Outra característica importante do cálice está relacionada à sua coloração que indica o ponto de colheita. Segundo Rodrigues e colaboradores (2012) o fruto de *P. peruviana* deve ser colhido quando o cálice apresentar coloração amarelo-esverdeado até amarelo-amarronzado. Nessas fases os frutos apresentam maiores massas, diâmetros e acúmulo de sólidos solúveis totais. Somado a isso, o cálice aumenta a conservação do fruto, pois a vida de prateleira aumenta, alcançando um mês; enquanto que sem o cálice é em torno de 4 a 5 dias (CEDEÑO; MONTENEGRO, 2004).

O cálice destaca-se, também, por ser o principal depósito das fisalinas que foram identificadas na espécie *P. alkekengi* (JI et al., 2012; XU et al., 2012; HUANG et al., 2014a), que são moléculas exclusivas do gênero *Physalis*. As fisalinas são moléculas de estruturas bastante complexas, apresentam lactona e γ lactona fundida ao anel D, sendo derivados esteroidais do tipo 13,14-sec 16,24 ciclo ergostano, carbonilados em C-15 (TOMASSINI et al., 2000). As concentrações desses compostos na planta são variáveis, sendo a fisalina A a mais abundante e, dependendo das condições de conservação, mais estável em relação às fisalinas O e P (XU et al., 2012). Já foram descobertas várias fisalinas, sendo a mais recente a fisalina X (HUANG et al., 2014a) e também já foram identificadas as isofisalinas (JI et al., 2012). Além disso, começam a surgir estudos que identificam os vitanolídeos como moléculas únicas da *Physalis*, extraídos pelo etanol, cuja atividade antitumoral, imunossupressora e hepatoprotetora vêm sendo estudada (GAUTAM; DWIVEDI; KUMAR, 2015). Outro fator importante é o local de colheita e a parte da planta de onde se obtém o extrato, uma vez que já se verificou que tanto o fruto como o cálice são os locais de maior acúmulo de fenóis, sendo mais proeminente no cálice, de acordo com o observado por Medina-Medrano e colaboradores (2015) que compararam as diferentes partes da planta (fruto, folha e cálice) de espécies de *Physalis* (*P. angulata*, *P. hederifolia* var. *hederifolia*, *P. solanacea*, *P. patula* e *P. subulata*).

O cálice é muito utilizado em decoração (de doces finos ou outros produtos alimentícios), porém na indústria de alimentos, muitas vezes, é considerado subproduto (LICODIEDOFF, 2012). No entanto, o cálice de *P. peruviana* é rico em compostos bioativos, possuindo potente atividade antioxidante (TORO et al., 2014) e anti-inflamatória comprovada (FRANCO et al., 2007; FRANCO et al., 2014; CASTRO; OCAMPO; FRANCO, 2015), dentre outros usos da medicina popular como anticancerígeno, antipirético, diurético, antimicrobiano e imunomodulador (FRANCO et al., 2007).

O efeito anti-inflamatório dos extratos etanólicos ou etéreos dos cálices de *P. peruviana* no processo fagocítico foi avaliado usando um modelo de fagocitose *in vitro* (infecção por *Leishmania panamensis* em macrófagos murinos). A atividade anti-inflamatória descrita neste modelo está relacionada a um efeito imunomodulador exercido sobre macrófagos infectados, que “bloqueiam” direta ou indiretamente sua capacidade de secretar mediadores pró-inflamatórios solúveis (MARTÍNEZ et al.,

2010).

Castro e colaboradores (2015) avaliaram a atividade anti-inflamatória do extrato etéreo total de cálices de *P. peruviana* em protocolos preventivos e terapêuticos em um modelo de colite em ratos, induzido por ácido TNBS. O tratamento com o extrato produziu melhora significativa no tecido do cólon, tanto a nível macroscópico como histológico. Deste modo, o extrato apresentou atividade anti-inflamatória intestinal, demonstrando que o cálice desta espécie apresentou-se como uma fonte promissora de metabólitos que poderiam ser utilizados no tratamento da doença inflamatória intestinal.

Segundo Franco e colaboradores (2007), 38 frações secundárias foram obtidas por cromatografia em coluna a partir da fração hidroalcoólica primária, das quais seis foram avaliadas no modelo de inflamação aguda em ratos. Eles identificaram as principais frações responsáveis pela atividade anti-inflamatória, que parecem ser promissoras no desenvolvimento de fitoterápicos. Sendo necessário estudos adicionais para isolar e identificar os compostos responsáveis pela atividade e para investigar o mecanismo envolvido no efeito anti-inflamatório.

O mesmo grupo de pesquisa avaliou a melhor fração obtida pela extração dos cálices de *P. peruviana*, a qual foi purificada por vários métodos cromatográficos para obter uma mistura inseparável de dois novos ésteres de sacarose denominados: peruviose A (1) e peruviose B (2). As estruturas dos novos compostos foram elucidadas utilizando métodos espectroscópicos e transformações químicas. A atividade anti-inflamatória da mistura de peruvioses foi avaliada pelo método de edema de pata em ratos. Os resultados mostraram que as peruvioses não produzem efeitos colaterais no fígado e rins. Além disso, atenuaram significativamente a inflamação induzida por λ -carragenina em uma dose-dependente. Este trabalho foi o primeiro a relatar a presença de ésteres de sacarose em cálices de *P. peruviana* demonstrando um potente efeito anti-inflamatório. Estes resultados sugerem o potencial dos ésteres de sacarose do gênero *Physalis* como uma alternativa natural para tratar doenças inflamatórias (FRANCO et al., 2014).

De acordo com Toro e colaboradores (2014) a fração butanólica do cálice foi considerada promissora devido às suas atividades anti-inflamatórias e antioxidantes. Portanto, foi utilizada uma abordagem guiada por bioensaio para isolar e identificar a rutina e a nicotoflorina a partir dos dados de RMN espectroscópicos e MS. A identificação da rutina em cálices de *P. peruviana* apoia a possível utilização deste material de resíduos para preparações fitoterapêuticas, nutracêuticas e cosméticas.

Outro fator relevante é o alto teor de compostos fenólicos e capacidade antioxidante no cálice. Em um estudo foram analisados separadamente, os frutos e os cálices de *P. peruviana* obtidos da Colômbia. Verificou-se maior quantidade de compostos fenólicos e um teor muito maior no cálice ($195,44 \pm 3,88$ mg.100 g⁻¹ de peso seco) do que na fruta ($2,18 \pm 0,71$ mg.100 g⁻¹ de peso seco). A capacidade antioxidante foi avaliada por ORAC, sendo que o cálice de *P. peruviana* apresentou $24,29 \pm 3,11$ mmol

Trolox.100 g⁻¹, enquanto o fruto resultou em uma menor capacidade antioxidante (3,29 ± 0,58 mmol Trolox.100 g⁻¹). Ainda, foi possível identificar no cálice dois diferentes glicosídeos de quercetina e de kaempferol, mas apenas foram encontrados vestígios de rutina (quercetina 3-O-rutinosídeo) e 3-O-rutinosídeo de kaempferol na fruta. Os ácidos 3-O-cafeoilquínico e 5-O-cafeoilquínico também foram identificados no cálice, mas não na fruta. Além disso, vale mencionar que o cálice apresentou as maiores concentrações de flavonóis e derivados de ácido hidroxicinâmico entre todos os frutos latino-americanos analisados, salientando a importância da utilização do cálice em novos produtos (GIRONÉS-VILAPLANA et al., 2014).

4 | MÉTODOS UTILIZADOS NA PREPARAÇÃO DE NANOEMULSÕES

Baseado no que foi exposto sobre o cálice de *P. peruviana*, um resíduo rico em compostos bioativos que pode proporcionar atividades benéficas para a saúde, daremos ênfase para a utilização do seu extrato, em sistemas nanoemulsionados. As nanoemulsões podem inibir a degradação química e oxidativa dos compostos bioativos, sua grande área superficial pode aumentar as taxas de digestibilidade lipídica, melhorar a liberação de compostos bioativos, promover a formação mais rápida de micelas mistas e melhorar a permeabilidade dos compostos bioativos através da camada de muco e células do epitélio (SILVA et al., 2018). Então, serão abordados as principais técnicas usadas na preparação de nanoemulsões e que já estão sendo utilizadas para encapsular compostos bioativos ou outros derivados de alimentos, resíduos ou plantas, como pode ser observado na Tabela 1.

A preparação das nanoemulsões pode ser realizada por uma variedade de métodos, classificados como métodos de alta energia e baixa energia. A abordagem de alta energia utiliza dispositivos mecânicos capazes de gerar forças disruptivas intensas que conduzem à formação de gotículas de óleo, enquanto rompem-se as fases óleo e água (tais como, homogeneizadores de válvulas de alta pressão, microfluidizadores e métodos de sonicação) (MCCLEMENTS, 2012; SILVA; CERQUEIRA; VICENTE, 2012).

Método de preparação	Composto bioativo	Componentes	Tamanho de gotículas	Principais resultados	Referência
Cavitação por ultrassom	Eugenol	Óleo de gergelim, Tween® 20 ou Tween® 80 e água	13 nm	A NE contendo eugenol e misturada com óleo de gergelim demonstrou menor tamanho de gota e maior estabilidade do que a NE apenas de eugenol (sem óleo de gergelim) A NE com eugenol exibiu atividade antibacteriana contra <i>Staphylococcus aureus</i> e sua avaliação <i>in situ</i> em suco de laranja exibiu uma redução significativa na população de bactérias nativas.	GHOSH; MUKHERJEE; CHANDRASEKARAN, 2014

Homogeneização a alta pressão	Polpa de jaca (<i>Artocarpus heterophyllus</i>)	Migliol, monoestearato de sacarose, óleo vegetal e água	166 nm	A nanoemulsão selecionada protegeu a atividade antioxidante do extrato rico em carotenóides da polpa de jaca por mais tempo (4 semanas a 20 °C e 8 semanas a 4°C) do que o extrato somente dissolvido em migliol durante o armazenamento a 4 °C.	RUIZ-MONTAÑEZ et al., 2017
Emulsificação espontânea	Óleo de peixe	Óleo de limão, Tween® 80, tampão (ácido cítrico e benzoato de sódio, simulando uma bebida)	96,5 - 166,5 nm	O método de emulsificação espontânea pode produzir NEs opticamente transparentes em altas proporções de surfactante para óleo. Essas NEs foram fisicamente estáveis quando armazenadas a 37 °C por 14 dias. O método de baixa energia pode fornecer sistemas transparentes de alimentos ou bebidas.	WALKER; DECKER; MCCLEMENTS, 2015
Ponto de inversão da emulsão	Quercetina	Óleo de soja, Tween® 80 e Brij 30, água ou água + glicerol	180 - 200 nm	NEs apresentaram alta atividade antioxidante em patês de frango e foram capazes de proteger contra a oxidação lipídica. Dados sensoriais indicaram que os patês de frango incorporados com as NEs foram aprovados em termos de odor, sabor e cor, e que o encapsulamento do flavonóide foi necessário para evitar efeitos sensoriais indesejáveis devido à sua adição.	CARLI; MORAES-LOVISON; PINHO, 2018
Temperatura de inversão de fase	Curcuminoides (são compostos polifenólicos amarelos extraídos dos rizomas de <i>Curcuma longa</i>)	Óleo de rícino hidrogenado PEG-40 (RH40), óleos vegetais, solução de NaCl	20 - 100 nm	Entre os óleos vegetais testados, o óleo de coco apresentou excelentes propriedades para a preparação de curcuminóides estáveis e uniformes NEs com RH40. As NEs foram fisicamente estáveis em fluido GI simulado. No entanto, a degradação de curcuminóides aumentou com o aumento da temperatura e concentração de surfactante. A condição adequada de concentração foi de 10% RH40 e armazenamento das NE a 4 °C.	JINTAPATTANAKIT; HASAN; JUNYAPRASERT, 2018
Microfluidização	β-caroteno	Quillaja saponinas e isolado de proteína de soro de leite (WPI), óleo de milho, tampão fosfato e água	140 - 160 nm	Todas as NEs permaneceram fisicamente estáveis ao longo de 14 dias de armazenamento. A taxa de degradação do β-caroteno aumentou com o aumento da temperatura de armazenamento, mas não dependeu do tipo de emulsificante.	LUO et al., 2017

Tabela 1- Nanoemulsões contendo compostos bioativos desenvolvidas por diferentes métodos de preparação.

Já as abordagens de baixa energia dependem da formação espontânea de gotículas de óleo dentro de sistemas mistos de emulsionantes/óleo/água quando a solução ou as condições ambientais são alteradas, por exemplo, métodos de inversão de fase, deslocamento de solvente e emulsificação espontânea (MCCLEMENTS, 2012; SILVA; CERQUEIRA; VICENTE, 2012). As nanoemulsões podem ser utilizadas na forma líquida ou podem ser secas sob a forma de pó utilizando técnicas de secagem tais como secagem por pulverização e liofilização (ANANDHARAMAKRISHNAN, 2014).

4.1 Métodos de alta energia

4.1.1 Cavitação ultrassônica ou emulsificação assistida por ultrassom

Utiliza ondas sonoras de alta frequência (mais de 20 kHz) para reduzir o tamanho de gota da emulsão. É uma técnica eficiente para a preparação de nanoemulsões com pequeno diâmetro de gotas, maior estabilidade e baixa polidispersão. A irradiação ultrassônica explora as ondas sonoras de alta frequência para o desenvolvimento de cavitações acústicas. O colapso dessas cavidades produz aquecimento intenso (~5000 °C), alta pressão (cerca de 1000 atm) e alta taxa de aquecimento-resfriamento (acima de 1010 K/s) e quebra as gotículas de emulsão em tamanho menor (GHOSH; MUKHERJEE; CHANDRASEKARAN, 2014). Este método possui boa eficiência energética, custo relativamente baixo e particularmente produz sistemas eficientes na liberação de nutrientes (ABBASI et al., 2019).

4.1.2 Microfluidização

para a produção de nanoemulsões envolve a aplicação de alta pressão em uma emulsão grosseira. Um microfluidizador é semelhante a um homogeneizador de alta pressão; no entanto, o design dos canais para o fluxo de emulsão é diferente. A emulsão flui inicialmente através de um canal, após é dividida em duas correntes e cada fluxo passa por um canal separado. Na câmara de interação, os dois fluxos em alta velocidade colidem, criando intensas forças disruptivas que levam ao rompimento de gotículas altamente eficiente (ANANDHARAMAKRISHNAN, 2014).

4.1.3 Homogeneização a alta pressão

Na produção de nanoemulsões, as emulsões grosseiras são alimentadas diretamente na entrada de um homogeneizador de válvula de alta pressão. Então, a emulsão é puxada para uma câmara com auxílio de uma bomba e forçada através de uma válvula estreita presente no final da câmara para o seu curso para frente. A passagem da emulsão através da válvula estreita faz com que as grandes gotas sejam decompostas em pequenas por uma combinação de forças destrutivas intensas que atuam sobre elas, tais como tensão de cisalhamento, cavitação e condições de fluxo turbulento. Geralmente, para produção de nanoemulsões requer pressão extremamente alta e múltiplas passagens (ANANDHARAMAKRISHNAN, 2014).

4.2 Métodos de baixa energia

4.2.1 Emulsificação espontânea

ocorre quando uma fase orgânica (solução homogênea de óleo, tensoativo lipofílico e solvente miscível em água) e uma fase aquosa (tensoativo hidrofílico e

água) são misturadas. Após, o processo de emulsificação é realizada a evaporação/ eliminação do solvente orgânico. Destaca-se que a composição da fase orgânica inicial é de grande importância para o processo de emulsificação espontânea e, portanto, para as propriedades físico-químicas das emulsões obtidas (BOUCHEMAL et al., 2004).

4.2.2 Inversão de fase

utilizam a energia química liberada como resultado das transições de fase que ocorrem durante o processo de emulsificação. Nanoemulsões são formadas induzindo a inversão de fase em emulsões de uma forma A/O para O/A ou vice-versa, alterando a temperatura (métodos de temperatura de inversão de fase, do inglês *Phase Inversion Temperature* - PIT) ou a composição (métodos de composição de inversão de fase, do inglês *Phase Inversion Composition* - PIC). A transição de fase nos métodos PIT é alcançada por mudanças na temperatura que afetam a curvatura espontânea de surfactantes, como surfactantes não iônicos do tipo polioxietileno. Mas no método PIC, a transição de fase é alcançada por mudanças na composição a uma temperatura constante (ANANDHARAMAKRISHNAN, 2014).

4.2.3 Ponto de inversão da emulsão

do inglês *Emulsion Inversion Point* (EIP): a inversão de fase é induzida pela alteração na proporção das fases óleo-água, aumentando ou diminuindo o volume da fase dispersa em uma emulsão acima ou abaixo de algum nível crítico (FERNANDEZ et al., 2004; THAKUR et al., 2008). Para conseguir a inversão de fase de um sistema A/O para O/A, quantidades crescentes de água são adicionadas ao sistema com agitação constante até que o ponto crítico seja excedido. Nesse estágio, a taxa de coalescência de gotículas de água excede a taxa de coalescência de gotículas de óleo e leva à inversão de fase (THAKUR et al., 2008). Os principais fatores que contribuem para o processo de emulsificação são a concentração de surfactante e a relação surfactante-óleo (FERNANDEZ et al., 2004).

5 | CONCLUSÃO

De acordo com os estudos realizados até o momento, o cálice, resíduo da fruta de *P. peruviana* mostrou possuir um excelente potencial para ser reutilizado, pois o mesmo é rico em compostos bioativos, possui capacidade antioxidante e efeito anti-inflamatório comprovados por estudos científicos. Embora as pesquisas que envolvam sua aplicação em sistemas nanoestruturados sejam insuficientes, foram demonstradas alternativas tecnológicas inovadoras, como os métodos de preparação de nanoemulsões. Estes métodos podem ser aplicados, tanto para o cálice de *P.*

peruviana, como também para outros subprodutos, compostos bioativos e derivados de alimentos, contribuindo para a ciência de alimentos e a promoção da saúde.

REFERÊNCIAS

ABBASI, F. et al. **Ultrasound-assisted preparation of flaxseed oil nanoemulsions coated with alginate-whey protein for targeted delivery of omega-3 fatty acids into the lower sections of gastrointestinal tract to enrich broiler meat.** *Ultrasonics Sonochemistry*, v. 50, p. 208-217, 2019.

ABDENNACER, B. et al. **Determination of phytochemicals and antioxidant activity of methanol extracts obtained from the fruit and leaves of Tunisian *Lycium intricatum* Boiss.** *Food Chemistry*, v. 174, 577-584, 2015.

ANANDHARAMAKRISHNAN, C. **Techniques for Nanoencapsulation of Food Ingredients.** SpringerBriefs in Food, Health, and Nutrition, 2014. 96p.

ARANCIBIA, C. et al. **Comparing the effectiveness of natural and synthetic emulsifiers on oxidative and physical stability of avocado oil-based nanoemulsions.** *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, v. 44, n. Supplement C, p. 159-166, 2017.

BOUCHEMAL, K. et al. **Nano-emulsion formulation using spontaneous emulsification: solvent, oil and surfactant optimisation.** *International Journal of Pharmaceutics*, v. 280, n. 1, p. 241-251, 2004.

BRIGHENTI, A. F. et al. *Cultura da *Physalis* no planalto catarinense e a influência de sistemas de condução na qualidade dos frutos.* In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20., 2008. **Anais...** Vitória: SBF/UFES. CD/ROOM.

BRIONES-LABARCA, V. et al. **Extraction of β -Carotene, Vitamin C and Antioxidant Compounds from *Physalis peruviana* (Cape Gooseberry) Assisted by High Hydrostatic Pressure.** *Food and Nutrition Sciences*, v. 4, n.8, p. 109-118, 2013.

CARLI, C.; MORAES-LOVISON, M.; PINHO, S. C. **Production, physicochemical stability of quercetin-loaded nanoemulsions and evaluation of antioxidant activity in spreadable chicken pâtés.** *LWT - Food Science and Technology*, v. 98, p. 154-161, 2018.

CASTRO, J.; OCAMPO, Y.; FRANCO, L. **Cape Gooseberry [*Physalis peruviana* L.] Calyces Ameliorate TNBS Acid-induced Colitis in Rats.** *Journal of Crohn's and Colitis*, v. 9, n. 11, p. 1004-1015, 2015.

CEDEÑO, M.; MONTENEGRO, D. **Plan exportador, logístico y comercialización de uchuva al mercado de Estados Unidos para FRUTEXPO SCI Ltda.** Facultad de Ingeniería, v. Ingeniero Industrial: Bogotá, Pontificia Universidad Javeriana, 2004.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 313, de 29 de outubro de 2002. Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22 nov. 2002. Seção 1, p. 85-91. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_2002_313.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2018.

COSTA, N. M. B; ROSA, C. O. B. **Alimentos funcionais** - componentes bioativos e efeitos fisiológicos, Cap 1- Alimentos funcionais: Histórico, Legislação e Atributos, 2ª ed. Editora Rubio, Rio de Janeiro, 2016.

DAG, D.; KILERCIOGLU, M.; OZTOP, M. H. **Physical and chemical characteristics of encapsulated goldenberry (*Physalis peruviana* L.) juice powder.** *LWT - Food Science and*

Technology, v. 83, n. Supplement C, p. 86-94, 2017.

DINAN, L., SARKER, S., SIK, V. **28-Hydroxywithanolide E from *Physalis peruviana***. Photochemistry, v. 44, p. 509-512, 1997.

EMBRAPA - **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. RODRIGUES, P. Notícias: **Hortaliça pouco conhecida será alternativa de cultivo para o Cerrado**, Brasília, DF, Brasil, 2016.

ETZBACH, L. et al. **Characterization of carotenoid profiles in goldenberry (*Physalis peruviana* L.) fruits at various ripening stages and in different plant tissues by HPLC-DAD-APCI-MSn**. Food Chemistry, v. 245, p. 508-517, 2018.

FERNANDEZ, P. et al. **Nanoemulsion formation by emulsion phase inversion**. Colloids and Surfaces A, v. 251, n. 1, p. 53-58, 2004.

FERRARI, G.; MARESCA, P.; CICCARONE, R. **The application of high hydrostatic pressure for the stabilization on functional foods: Pomegranate juice**. Journal of Food Engineering, v. 100, n. 2, p. 245-253, 2010.

FORSTER-CARNEIRO, T., et al. **Biorefinery study of availability of agriculture residues and wastes for integrated biorefineries in Brazil**. Resources Conservation and Recycling, v.77, 78-88, 2013.

FRANCO, L. A. et al. **Actividad antiinflamatoria de extractos y fracciones obtenidas de cálices de *Physalis peruviana* L.** Biomédica, v. 27, p. 110-115, 2007.

FRANCO, L. A. et al. **Sucrose Esters from *Physalis peruviana* Calyces with Anti-Inflammatory Activity**. Planta Med, v. 80, n. 17, p. 1605-1614, 2014.

GAUTAM, S.K.; DWIVEDI, D. H., KUMAR, P. **Preliminary studies on the bioactive phytochemicals in extract of Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) fruits and their Products**. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, v. 3, n. 5, p. 93-95, 2015.

GHOSH, V.; MUKHERJEE, A.; CHANDRASEKARAN, N. **Eugenol-loaded antimicrobial nanoemulsion preserves fruit juice against, microbial spoilage**. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, v.114, p. 392-397, 2014.

GIRONÉS-VILAPLANA, A. et al. **Evaluation of Latin-American fruits rich in phytochemicals with biological effects**. Journal of Functional Foods, v. 7, n. Supplement C, p. 599-608, 2014.

GOOT, A. J., et al. **Concepts for further sustainable production of foods**. Journal of Food Engineering, 168, 42-51, 2016.

HAMAD, A. F. et al. **The intertwine of nanotechnology with the food industry**. Saudi Journal of Biological Sciences, v. 25, n. 1, p. 27-30, 2018.

HASSANIEN, M. F. R. ***Physalis peruviana*: A Rich Source of Bioactive Phytochemicals for Functional Foods and Pharmaceuticals**. Food Reviews International, v. 27, n. 3, p. 259-273, 2011.

HUANG, C. et al. **The rapid discovery and identification of physalins in the calyx of *Physalis alkekengi* L.var.*franchetii* (Mast.) Makino using ultra-high performance liquid chromatography-quadrupole time of flight tandem mass spectrometry together with a novel three-step data mining strategy**. Journal of Chromatography A, v. 1361, n. Supplement C, p. 139-152, 2014a.

HUANG, H. W. et al. **Responses of microorganisms to high hydrostatic pressure processing**. Food Control, v. 40, p. 250-259, 2014b.

- Jl, L. et al. **Physalins with anti-inflammatory activity are present in *Physalis alkekengi* var. *franchetii* and can function as Michael reaction acceptors.** *Steroids*, v. 77, n. 5, p. 441-447, 2012.
- JINTAPATTANAKIT, A.; HASAN, H. M.; JUNYAPRASERT, V. B. **Vegetable oil-based nanoemulsions containing curcuminoids: Formation optimization by phase inversion temperature method.** *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, v. 44, p. 289-297, 2018.
- TEIXEIRA, B. J. et al. **Evaluación del contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante de los extractos etanólicos de los frutos de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) de diferentes lugares del Perú.** *Revista de la Sociedad Química del Perú*, v. 82, n. 3, p. 272-279, 2016.
- KUSPKA, M.; JÉLEN, H.H. **In-tube extraction for the determination of the main volatile compounds in *Physalis peruviana* L.** *Journal of Separation Science*, v. 40, n. 2, p. 532-541, 2016.
- LICODIEDOFF, S. **Caracterização físico-química e compostos bioativos em *Physalis peruviana* e derivados.** 2012. 119 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2012.
- LUO, X. et al. **Fabrication of β -carotene nanoemulsion-based delivery systems using dual-channel microfluidization: Physical and chemical stability.** *Journal of Colloid and Interface Science*, v. 490, p. 328-335, 2017.
- MARTÍNEZ, W. et al. **In vitro studies on the relationship between the anti-inflammatory activity of *Physalis peruviana* extracts and the phagocytic process.** *Immunopharmacology and Immunotoxicology*, v.32, n. 1, p. 63-73, 2010.
- MCCLEMENTS, D. J. **Nanoemulsions versus microemulsions: terminology, differences, and similarities.** *Soft Matter*, v. 8, p. 1719-1729, 2012.
- MEDINA-MEDRANO, J. R. et al. **Phenolic constituents and antioxidant properties of five wild species of *Physalis* (*Solanaceae*).** *Botanical Studies*, v. 56, n. 1, p. 24, 2015.
- MUNIZ, J. et al. **Sistemas de condução para o cultivo de *Physalis* no planalto catarinense.** *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 33, n. 3, p. 830-838, 2011.
- MUNIZ, J.; MOLINA, A. R.; MUNIZ, J. ***Physalis*: Panorama produtivo e econômico no Brasil.** *Horticultura Brasileira*, v. 33, n. 2, 2015.
- OLIVARES-TENORIO, M.-L. et al. **Health-promoting compounds in cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.): Review from a supply chain perspective.** *Trends in Food Science & Technology*, v. 57, p. 83-92, 2016.
- PATIL, B. S. et al. **Bioactive Compounds: Historical Perspectives, Opportunities, and Challenges.** *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 57, n. 18, p. 8142-8160, 2009.
- PERUMALLA, A. V. S., HETTIARACHCHY, N. S. **Green tea and grape seed extracts - Potential applications in food safety and quality.** *Food Research International*, v. 44, p. 827-839, 2011.
- PUENTE, L. A. et al. ***Physalis peruviana* Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review.** *Food Research International*, v. 44, n. 7, p. 1733-1740, 2011.
- RAMADAN, M. F.; MÖRSEL, J. T. **Oil Goldenberry (*Physalis peruviana* L.).** *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 51, n. 4, p. 969-974, 2003.
- RODRIGUES, F. A. et al. **Caracterização do ponto de colheita de *Physalis peruviana* L. na região**

de Lavras, MG. Bioscience Journal, Uberlândia, v. 28, n. 6, p. 862-867, 2012.

ROP, O. et al. **Bioactive content and antioxidant capacity of Cape gooseberry fruit.** Central European Journal of Biology, v. 7, n. 4, p. 672-679, 2012.

RUFATO, A. R. et al. **A cultura da *Physalis*.** In: KRETZSCHMAR, A. A.; RUFATO, L.; PELIZZA, T. R. (Org.). Pequenas frutas. Florianópolis: UDESC, 2013. p. 172-238 (Série Fruticultura, 2), 2013.

RUIZ-MONTAÑEZ, G. et al. **Optimization of nanoemulsions processed by high-pressure homogenization to protect a bioactive extract of jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam).** Innovative Food Science & Emerging Technologies, v. 40, p. 35-41, 2017.

SEVERO, J. et al. **Atividade antioxidante e fitoquímicos em frutos de *Physalis* (*Physalis peruviana*, L.) durante o amadurecimento e o armazenamento.** Revista Brasileira de Agrociência, Pelotas, v.16, n.1-4, p.77-82, 2010.

SILVA, H. D.; CERQUEIRA, M. Â.; VICENTE, A. A. **Nanoemulsions for Food Applications: Development and Characterization.** Food and Bioprocess Technology, v. 5, n. 3, p. 854-867, 2012.

SILVA, H. D. et al. **Evaluating the behaviour of curcumin nanoemulsions and multilayer nanoemulsions during dynamic *in vitro* digestion.** Journal of Functional Foods, v. 48, p. 605-613, 2018.

SONJA, D.; JASNA, Č.-B.; GORDANA, Č. **By-products of fruits processing as a source of phytochemicals.** Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly, v. 15, n. 4, p. 191–202, 2009.

SATHYADEVI, M.; SUBRAMANIAN, S.; **Extraction, isolation and characterization of bioactive flavonoids from the fruits of *Physalis peruviana* Linn extract.** Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research, v.8, n. 1, p.152-157, 2015.

TAPIA, M.; FRIES, A. **Guía de campo de los cultivos andinos.** Lima: FAO y ANPE, 2007.

THAKUR, R. K. et al. **Dynamic emulsification and catastrophic phase inversion of lecithin-based emulsions.** Colloids and Surfaces A, v. 315, n. 1, p. 285–293, 2008.

TOMASSINI, T. C. B. et al. **Gênero *Physalis* - uma revisão sobre vitaesteróides.** Química Nova, v. 23, n. 1, p. 47-57, 2000.

TORO, R. M. et al. **Phytochemical analysis, antioxidant and anti-inflammatory activity of calyces from *Physalis peruviana*.** Natural Product Communications, v. 9, n. 11, p. 1573-1575, 2014.

WALKER, R. M.; DECKER, E. A.; MCCLEMENTS, D. J. **Physical and oxidative stability of fish oil nanoemulsions produced by spontaneous emulsification: Effect of surfactant concentration and particle size.** Journal of Food Engineering, v. 164, p. 10-20, 2015.

WU, S. J. et al. **Antioxidant Activities of *Physalis peruviana*.** Biological and Pharmaceutical Bulletin, v. 28, n. 6, p. 963-966, 2005.

XU, B. et al. **High-performance liquid chromatography (HPLC) determination of five active ingredients in the calyces of *Physalis alkekengi* L. var. *franchetii* (mast.) Mskino.** Journal of Medicinal Plants Research, v. 6, n. 12, p. 2438-2442, 2012.

YEN, C. Y. et al. **4beta-Hydroxywithanolide E from *Physalis peruviana* (golden berry) inhibits growth of human lung cancer cells through DNA damage, apoptosis and G2/M arrest.** BMC Cancer, v. 10, p. 46, p. 1-8, 2010.

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 978-85-7247-340-8

