

# Desafios da Ciência e Tecnologia de Alimentos 4

**VANESSA BORDIN VIERA**  
(Organizadora)

**Atena**  
Editora

Ano 2018

**Vanessa Bordin Viera**  
(Organizadora)

**Desafios da Ciência e  
Tecnologia de Alimentos 4**

**Atena Editora**  
**2018**

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação e Edição de Arte:** Geraldo Alves e Natália Sandrini

**Revisão:** Os autores

#### Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
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  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)</b> <b>(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
D441	Desafios da ciência e tecnologia de alimentos 4 / Organizadora Vanessa Bordin Viera. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. – (Desafios da Ciência e Tecnologia de Alimentos; v. 4)  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia. ISBN 978-85-85107-17-8 DOI 10.22533/at.ed.178182208  1. Alimentos – Análise. 2. Alimentos – Indústria. 3. Tecnologia de alimentos. I. Viera, Vanessa Bordin.  CDD 664.07
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

O conteúdo do livro e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

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.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

E-mail: [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A Ciência e Tecnologia de Alimentos é uma área que envolve o conhecimento da fabricação dos alimentos. Para isso, torna-se necessário e imprescindível o conhecimento acerca das propriedades físico-químicas, nutricionais, microbiológicas e sensoriais das matérias-primas, ingredientes e dos produtos elaborados.

A Coletânea Nacional “Desafios da Ciência e Tecnologia de Alimentos” é um e-book composto por 10 artigos científicos que abordam assuntos atuais, como a análise sensorial de alimentos, análises microbiológicas, determinação de pesticidas em alimentos, utilização de novos ingredientes e/ou matérias-primas no processamento de produtos, avaliação de rotulagem, entre outros.

Mediante a importância, necessidade de atualização e de acesso a informações de qualidade, os artigos elencados neste e-book contribuirão efetivamente para disseminação do conhecimento a respeito das diversas áreas da Ciência e Tecnologia de Alimentos, proporcionando uma visão ampla sobre esta área de conhecimento.

Desejo a todos uma excelente leitura!

Prof. Dra. Vanessa Bordin Viera

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
A NEW AND SENSITIVE GC-ITD-MS METHOD FOR DETERMINATION OF 37 PESTICIDES IN FRUIT JAMS	
<i>Bárbara Reichert</i> <i>Ionara Regina Pizzutti</i> <i>Catiucia Souza Vareli</i> <i>Carmem Dickow Cardoso</i> <i>Ijoni Hilda Costabeber</i>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>12</b>
ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DE AMOSTRAS DE NUTRIÇÃO ENTERAL MANIPULADAS NO HOSPITAL UNIVERSITÁRIO (HUOP)	
<i>Vanuza Hoinatz</i> <i>Amanda Antunes Rossi</i> <i>Fabiana André Falconi</i>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>23</b>
APLICAÇÃO DA ESCALA DO IDEAL NA AVALIAÇÃO SENSORIAL COMPARATIVA DE CAMELOS TIPO TOFFEE	
<i>Bianca Cristina Trentin</i> <i>Alexandra Ramos Matuszak</i> <i>Carolina Deina</i> <i>Carla Adriana Pizarro Schmidt</i>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>28</b>
APLICAÇÃO DA PROTEÍNA DE FARELO DE ARROZ OBTIDA POR EXTRAÇÃO ASSISTIDA POR ULTRASSOM EM SUCO DE CAJU	
<i>Sílvia Bernardi</i> <i>Anne Luize Lupatini</i> <i>Daneysa Lahis Kalschne</i> <i>Renata Hernandez Barros Fuchs</i> <i>Eliane Colla</i> <i>Cristiane Canan</i>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>37</b>
APLICAÇÃO DE BREADING EXTRUSADO DE FARELO DE ARROZ E BAGAÇO DE MANDIOCA NA PRODUÇÃO DE NUGGETS DE FRANGO	
<i>Mirian Alves Machado Debastiani</i> <i>Daneysa Lahis Kalschne</i> <i>Rosana Aparecida da Silva-Buzanello</i> <i>Paulo Rodrigo Stival Bittencourt</i> <i>Cristiane Canan</i> <i>Marinês Paula Corso</i>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>55</b>
AVALIAÇÃO COMPARATIVA DA QUALIDADE SENSORIAL DE BALAS SABORIZADAS COM DIFERENTES CHÁS COMERCIALIZADAS NO ESTADO DO PARANÁ UTILIZANDO A ESCALA DO IDEAL	
<i>Carolina Deina</i>	

*Carla Adriana Pizarro Schmidt  
Bianca Cristina Trentin  
Alexandra Ramos Matuszak*

**CAPÍTULO 7 ..... 62**

AVALIAÇÃO DA ROTULAGEM DE BEBIDAS NÃO ALCOÓLICAS COMERCIALIZADAS EM SUPERMERCADOS

*Francisco Ferreira dos Reis  
Cecília Teresa Muniz Pereira  
Dalva Muniz Pereira*

**CAPÍTULO 8 ..... 69**

AVALIAÇÃO DO PERFIL DOS MÉTODOS ANALÍTICOS EMPREGADOS NA DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE BEBIDAS LÁCTEAS FERMENTADAS, PROVENIENTES DE UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

*Andressa Regina Antunes  
Luciana Oliveira Fariña  
Luciana Bill Mikito Kottwitz  
Helder Lopes Vasconcelos*

**CAPÍTULO 9 ..... 80**

MASSA ALIMENTÍCIA ISENTA DE GLÚTEN COM ADIÇÃO DE *SPIRULINA PLATENSIS*: AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

*Bianca Colombari Peron  
Luciane Maria Colla  
Eliane Colla  
Nadia Cristiane Steinmacher*

**CAPÍTULO 10 ..... 98**

OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO EXTRATO VEGETAL DA AMÊNDOA DA CASTANHA DE CAJU (*ANACARDIUM OCCIDENTALE*) PARA ELABORAÇÃO DE SOBREMESA NÃO LÁCTEA

*Dayana do Nascimento Ferreira  
Ranússia Maria de Melo Lopes*

**CAPÍTULO 11 ..... 107**

USO DE CARRAGENA NA MICROENCAPSULAÇÃO DE EUGENOL

*Ruth dos Santos da Veiga  
Rosana Aparecida da Silva-Buzanello  
Fernando Reinoldo Scremin  
Daneysa Lahis Kalschne  
Éder Lisandro de Moraes Flores  
Cristiane Canan*

**SOBRE A ORGANIZADORA ..... 122**

## USO DE CARRAGENA NA MICROENCAPSULAÇÃO DE EUGENOL

### **Ruth dos Santos da Veiga**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,  
Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos,  
Departamento de Alimentos, Medianeira – PR

### **Rosana Aparecida da Silva-Buzanello**

Universidade Estadual de Londrina, Pós-graduação em Ciência de Alimentos, Centro de Ciências Agrárias, Londrina – PR

### **Fernando Reinoldo Scremin**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,  
Laboratório de Análise Térmica e Espectroscopia de Combustíveis e Materiais, Departamento de Química, Medianeira – PR

### **Daneysa Lahis Kalschne**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,  
Central Analítica Multiusuário de Medianeira,  
Departamento de Química, Medianeira – PR

### **Éder Lisandro de Moraes Flores**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,  
Pós-graduação em Processos Químicos e Biotecnológicos, Departamento de Química, Medianeira – PR

### **Cristiane Canan**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,  
Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos,  
Departamento de Alimentos, Medianeira – PR.  
E-mail para contato: canan@utfpr.edu.br

ar de entrada e vazão de alimentação), na microencapsulação de eugenol e o efeito da carragena como agente encapsulante. As condições operacionais foram variadas por meio de um Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) do tipo 2<sup>2</sup> com triplicata no ponto central. As microcápsulas de eugenol foram obtidas pelo preparo de uma suspensão de carragena como agente encapsulante e Tween 80 como surfatante, tendo o teor de sólidos totais fixado em 0,55% (m/m) na suspensão e proporção de eugenol:sólidos fixada em 1:10 (m/m). Para caracterização das microcápsulas foi determinada a recuperação percentual de eugenol (RE %) e a eficiência de encapsulação (EE %) do processo por espectroscopia UV-Vis e, a morfologia por microscopia óptica. Valores de RE de no máximo 12% foram obtidos e as condições operacionais estudadas não influenciaram significativamente ( $p > 0,05$ ), demonstrando que ocorreram perdas operacionais de eugenol durante o processo de obtenção das microcápsulas. A EE variou de 18,0 a 84,8% e, o termo quadrático para vazão de alimentação apresentou influência na resposta avaliada ( $p < 0,05$ ). A análise de superfície de resposta e curva de contorno permitiu determinar regiões ótimas nas condições estudadas para obter maior EE, sendo selecionada a temperatura de

**RESUMO:** Objetivou-se avaliar o efeito da variação das condições operacionais de secagem por atomização (temperatura do

151 °C e a vazão de 0,6 L h<sup>-1</sup>. As microcápsulas apresentaram morfologia esférica/oval.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Spray Drying*, DCCR, Óleos essenciais, Eficiência de encapsulação, Microcápsulas.

**ABSTRACT:** The objective of this research was to evaluate the effect of the spray drying operational conditions (inlet air temperature and feed flow) in eugenol microencapsulation and the effect of the carrageenan as an encapsulating agent. The operational conditions were varied through a Central Composite Rotatable Design (CCRD) 2<sup>2</sup> with a triplicate at the central point. Eugenol microcapsules were obtained by preparing a suspension of carrageenan as encapsulating agent and Tween 80 as surfactant, having the total solids content set at 0.55% (w/w) in the suspension and the ratio of eugenol:solids fixed at 1:10 (w/w). To characterize the microcapsules, the percentage of the recovery of eugenol (RE%) and the encapsulation efficiency (EE%) of the process by UV-Vis spectroscopy and morphology by optical microscopy were determined. RE values up to 12% were obtained and the operational conditions studied did not influence microencapsulation process ( $p > 0.05$ ), demonstrating that operational losses of eugenol occurred during the microcapsules obtaining process. The EE ranged from 18.0 to 84.8%, and the quadratic term for feed flow presented an influence on the evaluated response ( $p < 0.05$ ). The response surface analysis and contour curve allowed to determine optimal regions under the conditions studied to obtain higher EE, equivalent a temperature of 151 °C and a flow rate of 0.6 L h<sup>-1</sup>. The microcapsules presented spherical/oval morphology.

**KEYWORDS:** Spray Drying, CCRD, Essential Oils, Encapsulation Efficiency, Microcapsules.

## 1 | INTRODUÇÃO

O composto fenólico 4-alil-2-metoxifenol conhecido como eugenol é o principal constituinte do óleo de cravo, podendo ser encontrado em óleos e extratos de outras plantas, tais como, canela, manjeriço e noz-moscada (LIOLIOS et al., 2009; JOHNY et al., 2010; CASTILLO et al., 2014; PAN et al., 2014). É amplamente utilizado como um agente aromatizante de alimentos e como um aditivo para indústrias de perfumaria e cosméticos (BASKARAN et al., 2010; DEVI et al., 2010).

O eugenol apresenta-se como um composto alternativo para a substituição de aditivos artificiais utilizados em alimentos em virtude de suas propriedades antioxidantes (OGATA et al., 2000; JIROVETZ, 2006) e antimicrobianas contra diferentes microrganismos, tais como, *Staphylococcus aureus* (WALSH et al., 2003), *Escherichia coli* (WALSH et al., 2003, TEIXEIRA et al., 2013), *Listeria monocytogenes* (FILGUEIRAS; VANETTI, 2006; TEIXEIRA et al., 2013), *Salmonella typhi* (DEVI et al., 2010), *Listeria innocua* (GARCÍA-GARCÍA et al., 2011; TEIXEIRA et al., 2013), *Brochothrix thermosphacta*, *Pseudomonas putida*, *Salmonella typhimurium* e

*Shewanella putrefaciens* (TEIXEIRA et al., 2013). Contudo, sua aplicação é limitada devido a sua volatilidade, instabilidade e sensibilidade frente ao oxigênio, luz e calor durante o processamento, utilização e armazenamento (CHOI et al., 2009; GARG; SINGH, 2011).

O processo de microencapsulação tem possibilitado a aplicação de diversos tipos de compostos, considerados tecnicamente inviáveis, que por meio do seu revestimento tornaram-se possíveis de uso (GHARSALLAOUI et al., 2007; ROCHA et al., 2012). A microencapsulação tem sido utilizada em larga escala como alternativa para utilização do eugenol, tanto para indústrias alimentícias quanto para farmacêuticas (CHOI et al., 2009, WORANUCH; YOKSAN, 2013; CHEN; ZHANG; ZHONG, 2015).

Mourtzinou et al. (2008), Choi et al. (2009) e Garg e Singh (2011) demonstraram que o processo de microencapsulação tem se tornado atrativo em função de seus benefícios. Destacam-se a facilidade de manuseio, aumento da estabilidade frente a oxidação, retenção dos compostos voláteis, além da liberação controlada do aditivo por meio de uma cápsula ou membrana, a qual separa fisicamente a substância sensível do ambiente que poderia causar sua decomposição. A eficiência da microencapsulação e a estabilidade dos compostos microencapsulados dependem, fundamentalmente, do material utilizado como agente encapsulante, também chamado, material de parede (LIU et al., 2001; ZBICINSKI et al., 2002; WANG et al., 2009). O agente encapsulante é selecionado em função de suas propriedades físicas, do material de núcleo (agente ativo), da aplicação pretendida, do método utilizado para obtenção das micropartículas e/ou microcápsulas, do mecanismo de liberação, bem como, das características desejadas no produto final (SANTOS; FERREIRA; GROSSO, 2000; GOUIN, 2004; BOTREL et al., 2012).

Os materiais usados como agentes encapsulantes incluem: carboidratos (amidos, maltodextrinas, xarope de milho, dextrana, sacarose, ciclodextrina e celulose), gomas (goma arábica, ágar, alginato de sódio e carragena), lipídios (cera, parafina, ácido esteárico, triestearina, mono e diglicerídeos, óleos e gorduras) e proteína, as de origem animal (proteínas do soro de leite, gelatina, caseína) e vegetal (de soja, ervilha e de cereais) (DUBEY et al., 2009; NESTERENKO et al., 2013).

A carragena é um hidrocolóide, ou seja, polissacarídeo que contém a capacidade de formar géis ou soluções viscosas com a água, controlando assim a atividade de água e conferindo textura e corpo aos alimentos fabricados. Apresentam também função de agentes emulsificantes, espessantes, geleificantes e estabilizantes de emulsões (TRCKOVÁ et al., 2003).

Apesar de haver diversas técnicas de microencapsulação, o método secagem por atomização (*spray drying*) é o mais utilizado na indústria de alimentos (WANG et al., 2009; CHATTERJEE; BHATTACHARJEE, 2013). Dentre as vantagens da microencapsulação na secagem por atomização está o fato de o processo ser relativamente simples, econômico, flexível e produzir partículas de boa qualidade. A rápida evaporação da água da matriz polimérica durante a secagem e um menor tempo

de resistência da amostra na câmara de secagem, faz com que a amostra permaneça a uma temperatura abaixo de 100 °C, o que permite que o processo possa ser utilizado para substâncias termossensíveis (GHARSALLAOUI et al., 2007; JAFARI et al., 2008).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da variação das condições operacionais de secagem por atomização: temperatura do ar de entrada e vazão de alimentação, na microencapsulação de eugenol em carragena.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Materiais

Eugenol (Vetec™, Sigma-Aldrich, 97,5%), Etanol P.A. (Neon, 99,5%) e Tween 80 (Synth, grau analítico) foram utilizados no preparo da fase orgânica. Água destilada a temperatura de 60 °C e carragena (C1013, Sigma-Aldrich, grau comercial) foram utilizados no preparo da fase aquosa.

### 2.2 Preparo da suspensão

A microencapsulação de eugenol em carragena foi realizada, inicialmente, pela obtenção de uma suspensão mediante o preparo de uma fase aquosa e uma fase orgânica. A fase aquosa consistiu na dissolução de carragena (2,0 g) em água destilada (400 mL) a temperatura de 60 °C sob agitação mecânica vigorosa por 15 minutos, com auxílio de um agitador magnético. A fase orgânica foi preparada pela solubilização de eugenol (0,2 g) e Tween 80 (0,12 g) em etanol (10 mL) a temperatura ambiente (aproximadamente 25 °C), por 5 minutos. Após a obtenção das duas fases, a fase orgânica foi adicionada lentamente à fase aquosa mantendo a mistura sob agitação vigorosa por mais 5 minutos. Em seguida, a suspensão foi homogeneizada utilizando um agitador mecânico (Modelo 713D, Fisaton, São Paulo, Brasil), operando a 1500 rpm durante 15 minutos.

O teor de sólidos totais foi fixado em 0,55% (m/m) na suspensão final antes da atomização, onde a proporção de eugenol:sólidos foi fixada em 1:10 (m/m).

### 2.3 Secagem por atomização

A obtenção das microcápsulas foi realizada por meio da secagem da suspensão por atomização. O processo foi realizado em um secador laboratorial Mini *Spray Dryer* (Labmarq - MSD 1,0, São Paulo, Brasil) com câmara de secagem de 500 mm × 150 mm, bico atomizador tipo duplo fluido, com orifício de 1,2 mm de diâmetro, variando a vazão da alimentação da amostra e a temperatura do ar de entrada do equipamento na secagem de acordo com o delineamento experimental descrito no item 2.3.

## 2.4 Delineamento composto central rotacional (DCCR)

As condições operacionais do atomizador, temperatura do ar de entrada e vazão de alimentação variaram com o objetivo de avaliar a influência destes parâmetros na encapsulação do eugenol. Para tanto, foi realizado um Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) com duas variáveis independentes, três pontos centrais, quatro pontos fatoriais e quatro pontos axiais, totalizando 11 ensaios. Os níveis reais e codificados das variáveis independentes  $X_T$  (Temperatura do ar de entrada, °C) e  $X_V$  (Vazão de alimentação, L.h<sup>-1</sup>) foram selecionados com base em estudos preliminares e estão apresentados na Tabela 1.

Fatores	Níveis				
	-1,41	-1	0	+1	+1,41
$X_T$ - Temperatura do ar de secagem (°C)	109	115	130	145	151
$X_V$ - Vazão de alimentação (L h <sup>-1</sup> )	0,46	0,50	0,60	0,70	0,74

Tabela 1. Níveis reais e codificados das variáveis temperatura e vazão de alimentação.

Os ensaios para encapsulação do eugenol foram realizados aleatoriamente e as microcápsulas foram acondicionados em frascos plásticos hermeticamente fechados, vedados com Parafilm®, e armazenados sob a temperatura de  $5 \pm 1$  °C até o momento das análises. Foram avaliadas a recuperação percentual de eugenol e a eficiência de encapsulação.

Para análise de efeitos, regressão, variância e superfície de repostas utilizou-se o *software* Statistica 8.0 ( $p \leq 0,05$ ) (Statsoft Inc., Tulsa, OK, USA).

## 2.5 Determinação da recuperação percentual de eugenol

Com o objetivo de estimar a estabilidade da suspensão obtida e quantificar o conteúdo real de eugenol após a microencapsulação, determinou-se a recuperação percentual de eugenol (RE %). Para tanto, alíquotas de 10 mg da amostra foram transferidas em um béquer, dissolvidas em 5 mL de água destilada e aquecidas em banho-maria a 60 °C por 30 min. Posteriormente, adicionou-se 5 mL de etanol e as amostras foram transferidas para tubos de centrifuga com capacidade de 250 mL e centrifugadas (Hettich Zentrifugen, Rotina 420 – Tuttleingen, Germany) a 9.000 rpm por 15 minutos a temperatura de 10 °C. Em seguida, o sobrenadante foi analisado no comprimento de onda de 283 nm, usando um espectrofotômetro UV-Vis (Perkin Elmer, Lambda XLS- Beaconsfield, UK) e a concentração de eugenol determinada mediante uma curva de calibração descrita no item 2.6.

O cálculo para RE (%) está apresentado na Equação 1.

$$RE \text{ (\%)} = \frac{[eugenol]_{real}}{[eugenol]_{inicial}} \times 100 \quad (1)$$

Em que, RE (%) = recuperação percentual de eugenol;  $[\text{eugenol}]_{\text{real}}$  = concentração de eugenol determinada após secagem por atomização;  $[\text{eugenol}]_{\text{inicial}}$  = concentração de eugenol adicionada no preparo da suspensão.

## 2.6 Determinação da eficiência de encapsulação de eugenol

A eficiência de encapsulação de eugenol (EE %) permite identificar a quantidade de eugenol retido nas microcápsulas. Para tanto, inicialmente, realizou-se a remoção do eugenol não encapsulado das microcápsulas, onde 10 mg das amostras de microcápsulas foram lavadas com etanol (5 mL) com o auxílio de papel filtro quantitativo 25  $\mu$  e bomba a vácuo em funil de Buchner de 10 cm de diâmetro. Em seguida, as amostras foram secas em estufa a 60 °C por 20 minutos. Após a secagem, as amostras foram removidas do papel filtro, solubilizadas em água e etanol e analisadas no UV-Vis conforme procedimento já descrito no item 2.4.

A Equação 2 apresenta o cálculo utilizado para determinação EE (%).

$$EE (\%) = \frac{[\text{eugenol}]_{\text{retido}}}{[\text{eugenol}]_{\text{real}}} \times 100 \quad (2)$$

Em que: EE (%) = eficiência de encapsulação de eugenol;  $[\text{eugenol}]_{\text{real}}$  = quantidade de eugenol presente nas microcápsulas após secagem por atomização;  $[\text{eugenol}]_{\text{retido}}$  = quantidade de eugenol presente nas microcápsulas após remoção do eugenol não encapsulado por lavagem com etanol.

## 2.7 Curva de calibração do eugenol

Para determinar a concentração de eugenol nas microcápsulas foi realizada uma curva de calibração de eugenol. Preparou-se uma solução estoque de eugenol em etanol com a concentração de 100  $\mu\text{g mL}^{-1}$  e, em seguida, foram preparadas diluições desta solução estoque, obtendo-se as concentrações de 80, 60, 40, 20, 12 e 4  $\mu\text{g mL}^{-1}$ . Posteriormente, determinou-se a absorvância das concentrações do pico de maior absorvância para o eugenol, 283 nm (SHINDE; NAGARSENKER, 2011).

## 2.8 Morfologia

A morfologia das microcápsulas foi analisada por microscopia óptica utilizando microscópio óptico Olympus (TVO 63XC - Tokyo, Japan) e o programa de captura de imagens DP25 - BSW. As análises foram realizadas através da observação de lâminas contendo microcápsulas suspensas em água destilada utilizando lente ocular com aumento de 10 x e objetiva com aumento de 10, 20 e 40 e 100 x.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os cálculos de RE (%) e EE (%) das microcápsulas obtidas foram realizados com base na equação da reta obtida a partir da curva de calibração de eugenol ( $y = 0,018x - 0,010$ ;  $R^2 = 0,999$ ).

A determinação da quantidade real de eugenol ao final do processo de microencapsulação foi necessária para se conhecer a quantidade real de eugenol presente nas microcápsulas, uma vez que perdas do composto ativo podem ocorrer durante a formação das mesmas. Desta forma, a determinação da recuperação percentual de eugenol permite avaliar a estabilidade deste processo.

A Tabela 2 apresenta a matriz dos ensaios codificada e os resultados para a RE (%) e EE (%). Observou-se que a recuperação percentual média de eugenol não foi superior a 12,1%, indicando possíveis perdas operacionais durante o processo e sugerindo baixa estabilidade da suspensão obtida. Há poucos relatos na literatura de autores que determinam a recuperação percentual do composto ativo encapsulado. Silva-Buzanello et al. (2014) estudaram a recuperação percentual de curcumina no processo de nanoencapsulação em poli (L-ácido láctico) (PLLA) e este parâmetro variou entre 97,3% e 77,2%, considerados elevados e indicativos de estabilidade no processo de obtenção de suas nanopartículas.

Ensaio	$X_T$	$X_V$	Recuperação (%)	Eficiência (%)
1	-1	-1	8,1 ± 0,6	47,8 <sup>abc</sup> ± 4,3
2	1	-1	9,4 ± 0,0	36,5 <sup>bc</sup> ± 0,9
3	-1	1	8,4 ± 0,3	84,6 <sup>ab</sup> ± 7,3
4	1	1	6,5 ± 0,4	84,7 <sup>ab</sup> ± 0,7
5	-1,41	0	5,1 ± 0,2	85,6 <sup>a</sup> ± 1,7
6	1,41	0	7,4 ± 0,3	82,7 <sup>ab</sup> ± 4,1
7	0	-1,41	8,8 ± 0,0	43,3 <sup>abc</sup> ± 2,6
8	0	1,41	12,1 ± 0,3	20,2 <sup>c</sup> ± 2,2
9	0	0	9,6 ± 0,0	71,9 <sup>ab</sup> ± 0,0
10	0	0	8,8 ± 0,0	64,8 <sup>ab</sup> ± 5,9
11	0	0	6,9 ± 0,2	69,0 <sup>ab</sup> ± 3,1
<i>p</i> (ANOVA)			0,378	0,040

Tabela 2. Matriz dos ensaios codificada e os valores das respostas obtidas para a recuperação percentual e eficiência de encapsulação de eugenol.

$X_T$ : temperatura de ar de secagem (°C);  $X_V$ : vazão de alimentação (L h<sup>-1</sup>); Médias de recuperação percentual de eugenol e de eficiência de encapsulação acompanhadas de desvio padrão (n = 3). Letras sobrescritas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa entre os tratamentos.

Apesar dos resultados de RE (%) reportados no presente trabalho serem baixos, do total de eugenol presente nas microcápsulas foi possível obter uma eficiência média de até 85,6% dentre as condições estudadas. Chatterjee e Bhattacharjee (2013) reportaram valores médios de 62% para eficiência de encapsulação de microcápsulas

de extrato de cravo rico em eugenol encapsulado em matrizes de maltodextrina e goma arábica, utilizando a técnica de secagem por atomização, com uma proporção de 1:4,8:2,4 de extrato de cravo:maltodextrina:goma arábica. Esses resultados foram similares aos obtidos para o ponto central do presente trabalho.

Os efeitos estimados para RE (%) são apresentados na Tabela 3. As variáveis estudadas, vazão de alimentação e temperatura do ar de entrada, não foram significativas ( $p > 0,05$ ). A baixa RE (%) observada também pode ser explicada pelo fato do uso de apenas um agente encapsulante o qual não ocasionou um aprisionamento efetivo do eugenol em sua estrutura, facilitando sua perda por volatilização durante a obtenção das microcápsulas. Alguns autores reportaram a combinação de agentes encapsulantes com o intuito de melhorar as propriedades das microcápsulas obtidas. Cano-Higueta et al. (2015) encapsularam oleorresina de cúrcuma pelo método de secagem por atomização utilizando misturas binárias e ternárias de diferentes agentes encapsulantes (goma arábica, maltodextrina e amido de milho modificado). A eficiência de encapsulação variou de 8 a 46% e foi influenciada significativamente pela formulação do material de parede. O maior valor de eficiência foi encontrado quando se utilizou mistura binária de goma arábica e de amido modificado.

Fatores	Efeitos	Erro padrão	$t_{\text{Calc}}$ (5)	$p$ -valor
Média	8,43	0,91	9,26	0,0002*
( $X_T$ ) Temperatura (L)	0,66	1,12	0,59	0,5734
( $X_T$ ) Temperatura (Q)	-2,32	1,33	-1,74	0,1418
( $X_V$ ) Vazão (L)	0,51	1,12	0,46	0,6642
( $X_V$ ) Vazão(Q)	1,90	1,33	1,43	0,2128
( $X_V$ ) x ( $X_T$ )	-1,60	1,58	-1,01	0,3569

Tabela 3. Efeitos estimados e  $p$ -valor para recuperação de eugenol.

$X_T$ : temperatura de ar de secagem ( $^{\circ}\text{C}$ );  $X_V$ : vazão de alimentação ( $\text{L}\cdot\text{h}^{-1}$ );  $R^2 = 0,64$ ; \* $p < 0,05$

Segundo Trindade et al. (2008) o uso de carboidratos como agentes encapsulantes em combinação com proteínas pode ser uma alternativa para o aumento da estabilidade na microencapsulação. Esta combinação foi comprovada por Bae e Lee (2008) que utilizaram maltodextrina em combinação com proteína de soro de leite, em proporções variadas, para encapsulação de óleo de abacate utilizando a técnica de secagem por atomização, reportando valores de eficiência de encapsulação entre 45 e 66%, não sendo observada diferença significativa entre as amostras.

A análise de efeitos estimados para os resultados de EE (%) foi determinada onde, inicialmente, observou-se que nenhum dos termos apresentou influência significativa na resposta avaliada ( $p > 0,05$ ). Contudo, ao adicionar os termos de menor significância ao resíduo do modelo, constatou-se que o termo vazão no modelo quadrático passou a ser significativo ( $p < 0,05$ ), apresentando efeito negativo (Tabela 4).

Fatores	Efeitos	Erro padrão	t <sub>Cal</sub> (7)	p-valor
Média	68,54	9,47	7,24	< 0,0002*
(X <sub>T</sub> ) Temperatura (Q)	18,47	13,86	1,33	0,2243
(X <sub>V</sub> ) Vazão (L)	13,15	11,61	1,13	0,2949
(X <sub>V</sub> ) Vazão (Q)	-34,24	13,86	-2,47	0,0428*

Tabela 4. Efeitos estimados e p valores para eficiência de encapsulação de eugenol (%).

X<sub>T</sub>: temperatura de ar de secagem (°C); X<sub>V</sub>: vazão de alimentação (L.h<sup>-1</sup>); R<sup>2</sup>= 0,63; \* p < 0,05

Como o efeito quadrático da vazão (X<sub>V</sub>) foi significativo (p < 0,05), determinou-se a equação do modelo para previsão da EE (%) das microcápsulas produzidas (Equação 3).

$$EE(\%) = 68,5 + 9,2x_T^2 + 6,6x_V - 17,19,2x_V^2 \quad (3)$$

A análise de variância para a eficiência de encapsulação é apresentada na Tabela 5, onde, pode-se observar que o valor de F<sub>calculado</sub> foi superior ao F<sub>tabelado</sub> indicando que o modelo é válido para prever a eficiência de encapsulação de eugenol considerando as condições estudadas. Desta forma, foram obtidas a superfície de resposta e a curva de contorno para eficiência de encapsulação de eugenol (Figura 1).

Fontes de variação	SQ	GL	QM	F <sub>calc</sub>	F <sub>tab</sub>	p-valor
Tratamentos	3375,6	3	1125,2	4,8	4,3	0,0403*
Resíduos	1642,0	7	234,58			
Total	5017,6	10				R <sup>2</sup> = 63%

Tabela 5. Análise de variância (ANOVA) para eficiência de encapsulação de eugenol.

SQ: soma dos quadrados, GL: graus de liberdade, QM: quadrados médios, F<sub>calc</sub>: F calculado, F<sub>tab</sub>: F tabelado, \*p < 0,05.

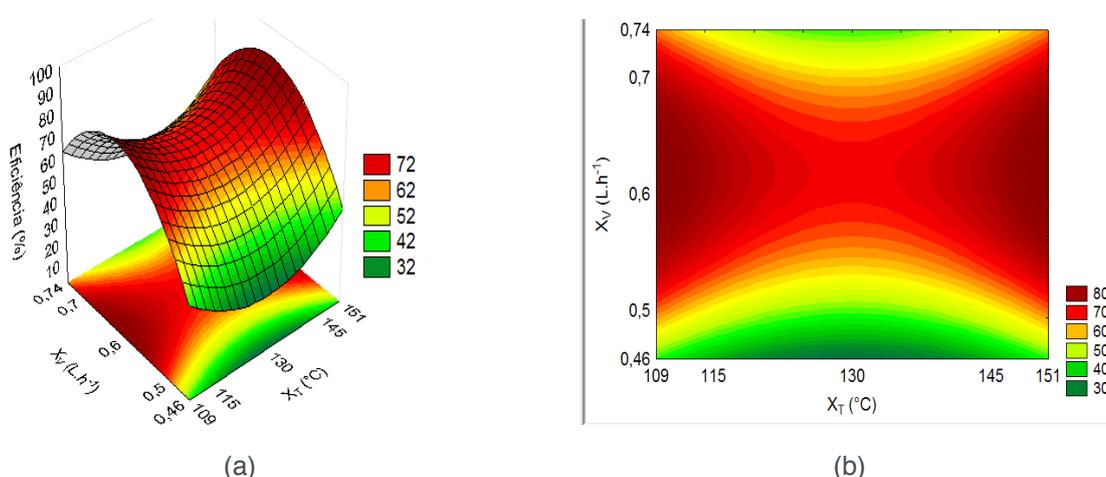


Figura 1. Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) para a eficiência de encapsulação de eugenol.

Considerando que o aumento da vazão do nível inferior para o nível superior causou efeito negativo na EE (%), possibilitando maiores valores de eficiência próximos

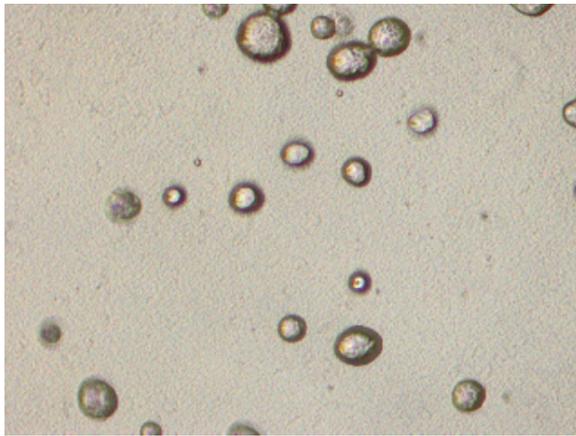
ao ponto central e, que a faixa de temperatura estudada não apresentou influência significativa, a vazão de 0,6 L h<sup>-1</sup> (região do ponto central) e temperatura de 151 °C (ponto axial superior) foram consideradas como condições adequadas para seguir a estudos posteriores. Com relação a temperatura do ar de entrada, a maior temperatura foi selecionada pois, quando a vazão de 0,6 L h<sup>-1</sup> foi utilizada e esta foi combinada com temperatura inferior a 151 °C observou-se a formação de filme no interior da câmara de secagem, recorrente e espesso, reduzindo o rendimento do pó obtido, assim, optou-se pelo uso da temperatura de 151 °C que não diferiu significativamente das demais temperaturas utilizadas nos valores de EE obtidos.

Alguns estudos têm reportado a influência da temperatura do ar de entrada na eficiência de microencapsulação de óleos e aromas obtidos por atomização. Jafari et al. (2008) reportaram que temperaturas do ar de entrada suficientemente altas (160 a 220 °C) permitem a rápida formação de uma membrana semipermeável na superfície da micropartícula resultando em maior eficiência de retenção do composto encapsulado.

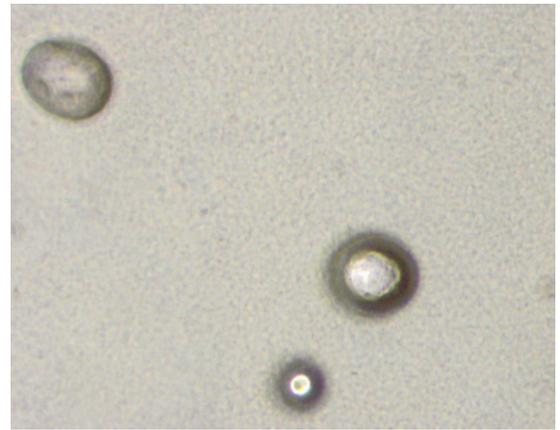
Balasubramani et al. (2015) estudaram o efeito da variação dos parâmetros de concentração do material do núcleo (10, 20 e 30%), do material de parede (40, 50 e 60%) e temperatura do ar de entrada (180, 200 e 220 °C) na obtenção de oleoresina de alho microencapsulada em maltodextrina por atomização. A condição otimizada foi obtida, sendo de 10% de material de núcleo, 60% de material de parede e 200 °C de temperatura do ar de secagem, com base na máxima eficiência de encapsulação obtida (81,9%). Segundo os autores, com o aumento da temperatura do ar de entrada, inicialmente, houve um aumento da eficiência de encapsulação, que diminuiu drasticamente quando a temperatura atingiu 220 °C, o que pode ser explicado pelo desequilíbrio entre a taxa de evaporação de água e formação de película, que provoca a ruptura das microcápsulas e, assim, pode resultar em uma baixa eficiência de encapsulação. No presente estudo, apesar da diferença entre o tipo de óleo estudado e o agente encapsulante, o aumento da temperatura do ar de entrada (109 a 151 °C) não resultou em alterações significativas, variando de 85,6 a 82,7%.

### 3.1 Morfologia das microcápsulas

A morfologia das microcápsulas de eugenol que apresentaram maiores valores de EE (%) foi avaliada por microscopia óptica (Figuras 2, 3 e 4). De modo geral, pode-se observar que as microcápsulas apresentaram variabilidade de tamanhos, morfologia esférica/oval, sem rachaduras ou fissuras aparentes, contudo a formação de aglomerados de partículas, comuns na microencapsulação, não foi observada. Resultados similares foram obtidos por Wang et al. (2011) nas amostras de microcápsulas de óleo de peixe encapsulado em proteína de cevada na secagem por atomização a temperatura de 150 °C.

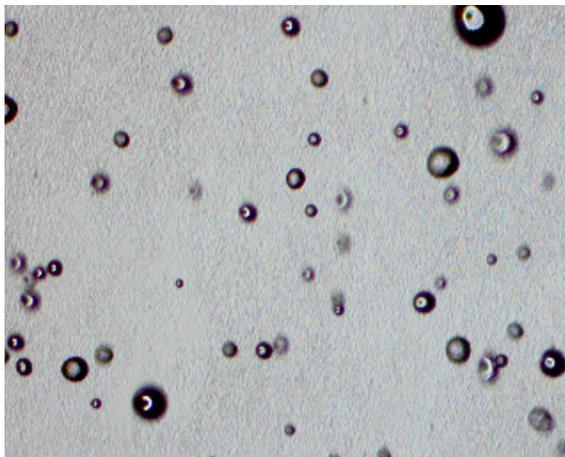


(a)

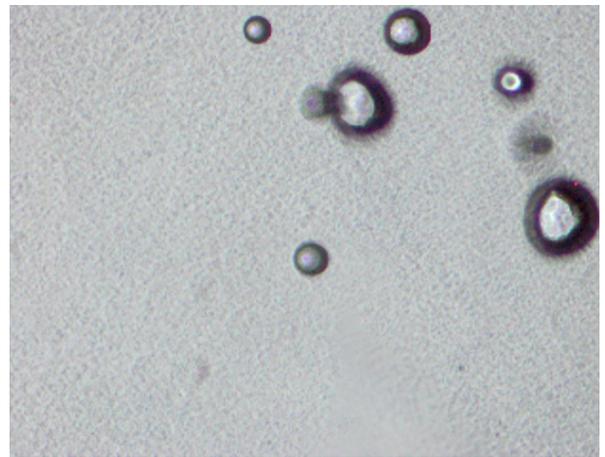


(b)

Figura 2. Imagens obtidas por microscopia óptica das microcápsulas atomizadas a temperatura de 115 °C e com vazão de alimentação de 0,70 L.h<sup>-1</sup> (ensaio 3, EE = 84,6%), com aumento de 200 x (a) e 400 x (b).

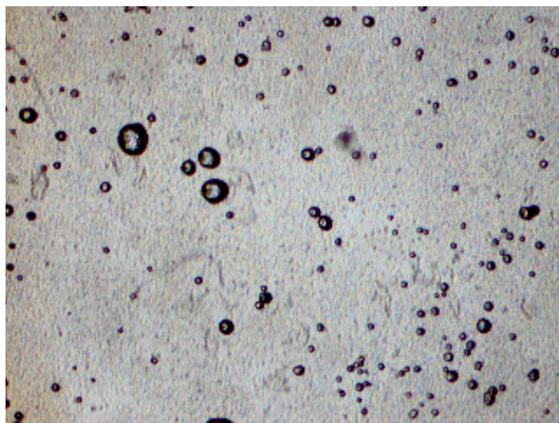


(a)

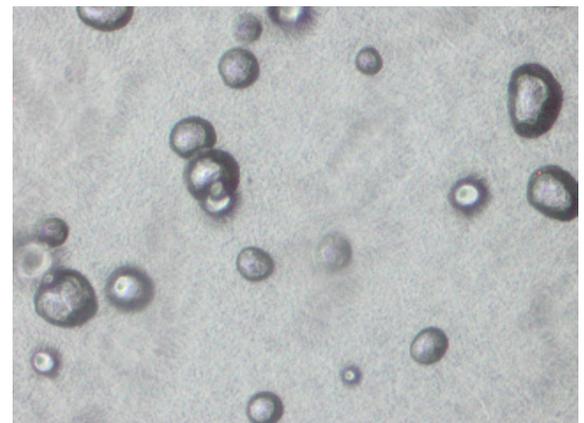


(b)

Figura 3. Imagens obtidas por microscopia óptica das microcápsulas atomizadas a temperatura de 109 °C e com vazão de alimentação de 0,60 L.h<sup>-1</sup> (ensaio 5, EE = 85,6%) com aumento de 100 x (a) e 200 x (b).



(a)



(b)

Figura 4. Imagens obtidas por microscopia óptica das microcápsulas atomizadas a temperatura de 151 °C e com vazão de alimentação de 0,60 L.h<sup>-1</sup> (ensaio 6, EE = 82,7%), com aumento de 100 x (a) e 200 x (b).

Boa esfericidade e ausência de fissuras nas microcápsulas indicam a formação de um filme contínuo na parede externa e podem justificar uma maior eficiência de

encapsulação, devido a uma baixa permeabilidade a gases, obtendo uma maior proteção e retenção das substâncias voláteis (AGHBASHLO et al., 2013; KHA et al., 2014).

#### 4 | CONCLUSÃO

Devido a baixa estabilidade da suspensão composta apenas por carragena ocorreu perda parcial de eugenol durante a microencapsulação, comprovado pela recuperação percentual média inferior a 12,1% nas condições estudadas. Entretanto, a eficiência de encapsulação foi elevada, de até 85,6%. As microcápsulas visualizadas por microscopia óptica apresentaram morfologia esférica/oval, sem rachaduras ou fissuras aparentes e sem formação de aglomerados de partículas, indicando que a carragena é uma alternativa viável como agente encapsulante de óleos essenciais. Estudos futuros da combinação da carragena com outros agentes encapsulantes como por exemplo, proteínas, com o intuito de aumentar a recuperação de eugenol e a eficiência de encapsulação são opções interessantes.

#### REFERÊNCIAS

AGHBASHLO, M.; MOBLI, H.; MADADLOU, A.; DAFIEE, S. Influence of wall material and inlet drying air temperature on the microencapsulation of fish oil by spray drying. **Food and Bioprocess Technology**, v. 6, p. 1561-1569, 2013.

BAE, E. K.; LEE, S. J. Microencapsulation of avocado oil by spray drying using whey protein and maltodextrin. **Journal of Microencapsulation**, v. 25, p. 549-560, 2008.

BALASUBRAMANI, P.; PALANISWAMY, T. P.; VISVANATHAN, R.; THIRUPATHI, V.; SUBBARAYAN, A.; PRAKASH-MARANE, J. Microencapsulation of garlic oleoresin using maltodextrin as wall material by spray drying technology **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 72, p. 210-217, 2015.

BOTREL, A. D.; BORGES, V. S.; FERNANDES, R. B. V. R.; VIANA, D. A.; COSTA, G. M. J.; MARQUES, R. G. Evaluation of spray drying conditions on properties of microencapsulated oregano essential oil. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 47, p. 2289-2296, 2012.

CANO-HIGUITA, D. M.; VELEZ, H. A. V.; TELIS, V. R. N. Microencapsulation of turmeric oleoresin in binary and ternary blends of gum arabic, Maltodextrin and modified starch. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 39, n. 2, p. 173-182, 2015.

CASTILLO, S.; PÉREZ-ALFONSO, C. O.; MARTÍNEZ-ROMERO, D.; GUILLÉN, F.; SERRANO, M.; VALERO, D. The essential oils thymol and carvacrol applied in the packing lines avoid lemon spoilage and maintain quality during storage. **Food Control**, v. 35, p. 132-136, 2014.

CHANDI, G. K.; SOGI, D. S. Functional properties of rice bran protein concentrates. **Journal of Food Engineering**, v. 79, p. 592-597, 2007.

CHATTERJEE, D.; BHATTACHARJEE, P. Comparative evaluation of the antioxidant efficacy of encapsulated and un-encapsulated eugenol-rich clove extracts in soybean oil: Shelf-life and frying stability of soybean oil. **Journal of Food Engineering**, v. 117, p. 545-550, 2013.

CHEN, H.; ZHANG, Y.; Q. ZHONG. Physical and antimicrobial properties of spray-dried zein–casein nanocapsules with co-encapsulated eugenol and thymol. **Journal of Food Engineering**, v. 144, n. 93-102, 2015.

CHOI, M.-J.; SOOTTITANTAWAT, A.; NUCHUCHUA, O.; MIN, S.-G; RUKTANONCHAI, U. Physical and light oxidative properties of eugenol encapsulated by molecular inclusion and emulsion diffusion method. **Food Research International**, v. 42, p. 148-156, 2009.

DEVI, K. P.; NISHA, A. S.; SAKTHIVEL, R.; PANDIAN, K. S.; Eugenol (an essential oil of clove) acts as an antibacterial agent against *Salmonella typhi* by disrupting the cellular membrane. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 130, p. 107–115, 2010.

DUBEY, R.; SHAMI, T. C.; BASHKER RAO, K. U. Microencapsulation technology and applications. **Defence Science Journal**, v. 59, n. 1, p. 82-95, 2009.

FILGUEIRAS, C. T., VANETTI, M. C. D. Effect of eugenol on growth and Listeriolysin O production by *Listeria monocytogenes*. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 49, p. 405–409, 2006.

GARCÍA-GARCÍA, R.; LÓPEZ-MALO, A.; PALOU, E. Bactericidal action of binary and ternary mixtures of carvacrol, thymol, and eugenol against *Listeria innocua*. **Journal of Food Science**, v. 76, n. 2, 2011.

GARG, A; SINGH, S. Enhancement in antifungal activity of eugenol in immunosuppressed rats through lipid nanocarriers. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 87, p. 208-288, 2011.

GHARSALLAOUI, A.; ROUDAUT, G.; CHAMBIN, O.; VOILLEY, A.; SAUREL, R. Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. **Food Research International**, v. 40, n. 9, p. 1107-1121, 2007.

GOUIN, S. Micro-encapsulation: industrial appraisal of existing technologies and trends. **Trends Food Science Technology**, p. 330-347, 2004.

JAFARI, S.M.; ASSADPOOR, E.; HE, Y.; BHANDAR, B.; Encapsulation efficiency of food flavours and oils during spray drying. **Drying Technology**, v. 26, p. 816-835, 2008.

JIROVETZ, L., BUCHBAUER, G., STOILOVA, I., STOYANOVA, A., KRASTANOV, A., SCHMIDT, E. Chemical composition and antioxidant properties of clove leaf essential oil. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v. 54, p. 6303–6307, 2006.

JOHNY, A. K.; DARRE, M. J.; DONOGHUE, A. M.; DONOGHUE, D. J.; VENKITANARAYANAN, K. Antibacterial effect of trans-cinnamaldehyde, eugenol, carvacrol, and thymol on *Salmonella enteritidis* and *Campylobacter jejuni* in chicken cecal contents in vitro. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 19, p. 237-244, 2010.

KHA, T. C.; NGUYEN, M. H.; ROACH, P. D.; STATHOPOULOS, C. E. Microencapsulation

of gac oil by spray drying: Optimization of wall material concentration and oil load using response surface methodology. **Drying Technology**, v. 32, p. 385-397, 2014.

LIOLIOS, C. C.; GORTZI, O.; LALAS, S.; TSAKNIS, J.; CHINOU, I. Liposomal incorporation of carvacrol and thymol isolated from the essential oil of *Origanum dictamnus* L. and in vitro antimicrobial activity. **Food Chemistry**, v. 112, p. 77-84, 2009.

LIU, X. D. ATARASHI, T.; FURUTA, T.; YOSHII, H.; AISHIMA, S.; OHKAWARA, M.; LINKO, P. Microencapsulation of emulsified hydrophobic flavours by Spray Drying. **Drying Technology**, v. 19, p. 1361-1374, 2001.

MOURTZINOS, I.; KALOGEROPOULOS, S. E.; PAPADAKIS, S. E.; KONSTATINOU, K.; KARATHANOS, V. T. Encapsulation of nutraceutical monoterpenes in  $\beta$ -cyclodextrin and modified starch. **Journal of Food Science**, v. 73, p. 89-94, 2008.

NESTERENKO, A.; ALRIC, I.; SILVESTRE, F.; DURRIEU, V. Vegetable proteins in microencapsulation: a review of recent interventions and their effectiveness. **Industrial Crops and Products**, v. 42, p. 469–479, 2013.

OGATA, M.; HOSHI, M.; URANO, S.; ENDO, T.; 2000. Antioxidant activity of eugenol and related monomeric and dimeric compounds. **Chemical and Pharmaceutical Bulletin**, v.48, p. 1467–1469, 2000.

PAN, K.; CHEN, H.; DAVIDSON, P. M.; ZHONG, Q. Thymol nanoencapsulated by sodium caseinate: Physical and antilisterial properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, p. 1649-1657, 2014.

ROCHA, G. A.; FÁVARO-TRINDADE, C. S.; GROSSO, C. R. F. Microencapsulation of lycopene by spray drying: Characterization, stability and application of microcapsules. **Food and Bioproducts**, v. 90, p. 37-42, 2012.

SANTOS, A. B; FERREIRA, V. P; GROSSO, C. R. F. Microcápsulas: Uma alternativa viável. Microencapsulação de produtos sensíveis a oxidação: óleo-resina de páprica. **Biociência, Ciência e Desenvolvimento**, v. 3, p. 26-30, 2000.

SILVA-BUZANELLO, R. A.; FERRO, A. C.; BONA, E.; CARDOZO-FILHO, L.; ARAÚJO, P. H. H.; LEIMANN, F. V.; GONÇALVES, O. H.; Validation of a Ultraviolet-visible (UV – Vis) technique for the quantitative determination of curcumin in poly (L – lactic acid) nanoparticles. **Food Chemistry**, v. 172, p. 99-104, 2015.

SHINDE, U.; NAGARSENKER, M. Microencapsulation of eugenol by gelatin-sodium alginate complex coacervation. **Indian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 73, p. 311-315, 2011.

TEIXEIRA, B.; MARQUES, A.; RAMOS, R.; NENG, R. N.; NOGUEIRA, M. F. J.; SARAIVA, J. A.; Chemical composition and antibacterial and antioxidant properties of commercial essential oils. **Industrial Crops and Products**, v. 43, p. 587-595, 2013.

TRCKOVÁ, J.; STETINA, J. KÁNSKÚ, J. Influence of protein concentration on rheological properties of carrageenan gels in milk. **International Dairy Journal**, v. 14, n. 6, p. 137-146, 2003.

TRINDADE, C. S. F.; PINHO, S. C.; ROCHA, G. A. Revisão: Microencapsulação de

ingredientes alimentícios. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 11, n. 2, p. 103-112, 2008.

WALSH, S. E., MAILLARD, J. Y., RUSSELL, A. D., CATRENICH, C. E., CHARBONNEAU, D.L., BARTOLO, R.G., Activity and mechanisms of action of selected biocidal agents on Gram positive and Gram negative bacteria. **Journal of Applied Microbiology**, v. 94, p. 240-247, 2003.

WANG, Y.; LU, Z.; LV, F.; BIE, X. Study on microencapsulation of curcumin pigments by spray drying. **European Food Research and Technology**, v. 229, p. 391-396, 2009.

WANG, R.; TIAN, Z.; CHEN, L. A novel process for microencapsulation of fish oil with barley protein. **Food Research International**, v. 33, p. 2735-2741, 2011.

WORANUCH, S; YOKSAN, R. Eugenol-loaded chitosan nanoparticles: I. Thermal stability improvement of eugenol through encapsulation. **Carbohydrate Polymers**, v. 96, n. 2, p. 578-585, 2013.

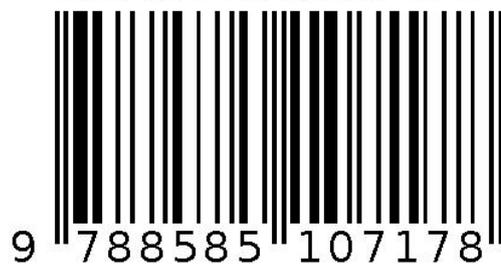
ZBICINSKI, I; DELAG, A.; STRUMILLO, C.; ADAMIEC, J. Advanced experimental analysis of drying kinetics in spray drying. **Chemical Engineering Journal**, v. 86, p. 207-216, 2002.

## **SOBRE A ORGANIZADORA**

**VANESSA BORDIN VIERA** docente adjunta no Departamento de nutrição da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Docente orientadora no Programa de Pós-Graduação em Ciências da Natureza e Biotecnologia da UFCG. 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. Possui experiência com o desenvolvimento de pesquisas na área de antioxidantes, desenvolvimento de novos produtos, análise sensorial e utilização de tecnologia limpas.

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-85107-17-8



9 788585 107178