



Impactos das Tecnologias na Engenharia Química 2

Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)

Atena
Editora

Ano 2019

Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)

Impactos das Tecnologias na Engenharia Química 2

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Natália Sandrini e Lorena Prestes

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
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
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
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
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
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

134 Impactos das tecnologias na engenharia química 2 [recurso eletrônico] / Organizadora Carmen Lúcia Voigt. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias na Engenharia Química; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-236-4

DOI 10.22533/at.ed.364190304

1. Engenharia química – Pesquisa – Brasil. I. Voigt, Carmen Lúcia. II. Série.

CDD 660.76

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

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

2019

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

APRESENTAÇÃO

Empresas do segmento de alimentos e bebidas que adotam inovação e tecnologia em seus produtos, processos e serviços são reconhecidas e valorizadas pelo consumidor, conseqüentemente competitivas no mercado. A área industrial alimentícia é apenas uma das inúmeras opções que o engenheiro químico tem como campo de trabalho. Mas dentro desta, suas atribuições são variadas, formando um profissional capaz de atuar em múltiplas tarefas.

A necessidade de novas tecnologias na indústria de alimentos requer otimização dos processos de transformação e fabricação, desenvolvimento de novos produtos, avanço da biotecnologia, garantia no controle da qualidade dos produtos, análise econômica dos processos, além da garantia do controle ambiental dos rejeitos e efluentes industriais.

A inovação é fundamental para o desenvolvimento de qualquer empresa. No setor de alimentos não é diferente, e cada vez mais os consumidores desejam consumir novos produtos que consigam aliar sabor, nutrição, qualidade e segurança. Assim como uma destinação correta de resíduos e uso de subprodutos que favorecem consumidor e meio ambiente.

Neste segundo volume, apresentamos inovações tecnológicas na Engenharia Química no setor de alimentos e resíduos de alimentos com estudos estatísticos de controle e processos, modelagem matemática, estudo cinético, sínteses, caracterizações, avaliação de propriedades, rendimento e controle analítico.

A Indústria Alimentar está em evolução constante e a tecnologia desempenha um papel cada vez mais importante neste setor. Os avanços científicos e técnicos permitem hoje produzir alimentos e bebidas que se adaptam melhor à procura dos consumidores de uma forma segura, com processos produtivos mais sustentáveis e eficientes, cobrindo a procura dos mercados globais.

Convidamos você a conhecer os trabalhos expostos neste volume relacionados com alimentos, bebidas, resíduos de alimentos com utilização tecnológica de novos recursos para o produto ou processo.

Bons estudos.

Carmen Lúcia Voigt

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ESTUDO E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL DA ENCAPSULAÇÃO DE RESÍDUOS DO ABATE DE AVES	
Caroline Machado da Silva Marlei Roling Scariot Leonardo da Silva Arrieche	
DOI 10.22533/at.ed.3641903041	
CAPÍTULO 2	8
OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE HIDRÓLISE ENZIMÁTICA DE VÍSCERAS DE FRANGO PARA OBTENÇÃO DE HIDROLISADOS PROTEICOS	
Tatiane Francini Knaul Schaline Winck Alberti Ana Maria Vélez	
DOI 10.22533/at.ed.3641903042	
CAPÍTULO 3	21
ESTUDO ESTATÍSTICO DO TEOR DE LIGNINA OXIDADA PARA O BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR APÓS O PRÉ-TRATAMENTO COM PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO ALCALINO	
Anna Alves da Silva Vieira Isabelle Cunha Valim Vinnicius Ferraço Brant Alex Queiroz de Souza Ana Rosa Fonseca de Aguiar Martins Cecília Vilani Brunno Ferreira dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.3641903043	
CAPÍTULO 4	26
IMPLANTAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO NO PROCESSO DE CALEAÇÃO DA FABRICAÇÃO DE AÇÚCAR	
Lorena Marcele de Faria Leite Euclides Antônio Pereira de Lima Ana Cláudia Chesca Flávia Alice Borges Soares Ribeiro	
DOI 10.22533/at.ed.3641903044	
CAPÍTULO 5	31
CONTROLE ANALÍTICO PARA FERMENTAÇÃO ALCÓOLICA EM INDÚSTRIA CANAVIEIRA	
Douglas Ramos Alves Amanda Martins Aguiar Ana Paula Silva Capuci	
DOI 10.22533/at.ed.3641903045	

CAPÍTULO 6	43
UTILIZAÇÃO DE ALGORITMOS GENÉTICOS PARA OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE DESLIGNIZAÇÃO DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR COM PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO	
<ul style="list-style-type: none"> Isabelle Cunha Valim Anna Alves da Silva Vieira Vinnicius Ferraço Brant Alex Queiroz de Souza Ana Rosa Fonseca de Aguiar Martins Cecília Vilani Brunno Ferreira dos Santos 	
DOI 10.22533/at.ed.3641903046	
CAPÍTULO 7	49
SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE METILCELULOSE A PARTIR DE BAGAÇO DE CANA	
<ul style="list-style-type: none"> Luís Fernando Figueiredo Faria Cláudia dos Santos Salim Luís Gustavo Ferroni Pereira Elisângela de Jesus Cândido Moraes 	
DOI 10.22533/at.ed.3641903047	
CAPÍTULO 8	56
ESTUDO CINÉTICO DA PRODUÇÃO DE HIDROMEL PELAS CEPAS <i>Saccharomyces cerevisiae</i> Lalvin 71b 1122 e <i>Saccharomyces bayanus</i> RED STAR PREMIER BLANK	
<ul style="list-style-type: none"> Ana Katerine de Carvalho Lima Lobato Lucas Gois Brandão Victor Hoffmann Barroso 	
DOI 10.22533/at.ed.3641903048	
CAPÍTULO 9	73
FILTRAÇÃO APLICADA AO PROCESSO DE CONCENTRAÇÃO DA VINHAÇA	
<ul style="list-style-type: none"> Fernando Oliveira de Queiroz Jéssica Oliveira Alves Marcelo Bacci da Silva 	
DOI 10.22533/at.ed.3641903049	
CAPÍTULO 10	95
CARACTERIZAÇÃO E TRATAMENTO, EM ESCALA INDUSTRIAL, DO LICOR NEGRO GERADO PELA ETAPA DE DESLIGNIFICAÇÃO DO ALGODÃO	
<ul style="list-style-type: none"> Lucrecio Fábio dos Santos Flávio Teixeira da Silva Teresa Cristina Brasil de Paiva 	
DOI 10.22533/at.ed.36419030410	
CAPÍTULO 11	111
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> FED-BATCH FERMENTATION AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHOD FOR ADJUSTING MODEL PARAMETERS TO EXPERIMENTAL DATA	
<ul style="list-style-type: none"> Marco César Prado Soares Gabriel Fernandes Luz Aline Carvalho da Costa Matheus Kauê Gomes Beatriz Ferreira Mendes Lucimara Gaziola de la Torre Eric Fujiwara 	
DOI 10.22533/at.ed.36419030411	

CAPÍTULO 12 118

EXPERIMENTAL DESIGN FOR OPTIMAL PRODUCTION OF ALKALINE PHOSPHATASE UNDER LIQUID FERMENTATION WITH *Aspergillus* sp

Juliane Medeiros De Marco
Jennifer Salgado da Fonseca
Ricardo Lima Serudo

DOI 10.22533/at.ed.36419030412

CAPÍTULO 13 123

ESTUDO DO MODELO DE NÚCLEO DE RETRAÇÃO NA EXTRAÇÃO DE CAFEÍNA COM CO₂ SUPERCRÍTICO

Matheus Manhães Vieira da Silva
João Vítor Melo Amaral
Carlos Minoru Nascimento Yoshioka
Ana Beatriz Neves Brito

DOI 10.22533/at.ed.36419030413

CAPÍTULO 14 128

DETERMINAÇÃO EXPERIMENTAL DA SOLUBILIDADE DE α -TOCOFEROL EM MISTURAS DE ETANOL+ÁGUA

Iago Henrique Nascimento de Moraes
Ricardo Amâncio Malagoni

DOI 10.22533/at.ed.36419030414

CAPÍTULO 15 136

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE PERPÉTUA-ROXA (*Centratherum punctatum* Cass.) OBTIDO POR HIDRODESTILAÇÃO

Rafael Henrique Holanda Pinto
Maria Caroline Ferreira Rodrigues
Wanessa Almeida da Costa
Renato Macedo Cordeiro
Eloisa Helena de Aguiar Andrade
Raul Nunes de Carvalho Junior

DOI 10.22533/at.ed.36419030415

CAPÍTULO 16 143

MODELAGEM MATEMÁTICA DA EXTRAÇÃO DE ÓLEO DE *Bidens Pilosa* L. USANDO FLUIDO SUPERCRÍTICO

Ramon Gredilha Paschoal
Marianne Lima Higinio
Marisa Fernandes Mendes

DOI 10.22533/at.ed.36419030416

CAPÍTULO 17 161

RENDIMENTO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Piper divaricatum* EM FUNÇÃO DA GRANULOMETRIA E MÉTODO DE EXTRAÇÃO

Erick Monteiro de Sousa
Tainá Oliveira dos Anjos
Rafaela Oliveira Pinheiro
Márcia Moraes Cascaes
Lidiane Diniz do Nascimento
Eloisa Helena de Aguiar Andrade

DOI 10.22533/at.ed.36419030417

CAPÍTULO 18 167

INFLUÊNCIA DA PRESSÃO E TEMPERATURA PARA OBTENÇÃO DO EXTRATO DE *Mentha spicata* L. UTILIZANDO EXTRAÇÃO SUPERCRÍTICA

Tháiris Karoline Silva Laurentino
Thuany Naiara Silva Laurentino
Ariovaldo Bolzan

DOI 10.22533/at.ed.36419030418

CAPÍTULO 19 172

ESTUDO REOLÓGICO DA POLPA DE JUÇARA (*Euterpe edulis* Mart) EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA E TEOR DE SÓLIDOS SOLÚVES

Italo Iury de Souza Guida
Harvey Alexander Villa Vélez
Audirene Amorim Santana
Romildo Martins Sampaio

DOI 10.22533/at.ed.36419030419

CAPÍTULO 20 179

OBTENÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA DA POLPA DE ABACAXI ATRAVÉS DE EQUAÇÕES MATEMÁTICAS

Relyson Gabriel Medeiros de Oliveira
Williane Moraes de Souza
João Carlos Soares de Melo
Carlos Helaídio Chaves Costa
Adair Divino da Silva Badaró

DOI 10.22533/at.ed.36419030420

CAPÍTULO 21 186

CINÉTICA DE SECAGEM E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA POLPA DO FRUTO DE *Eugenia patrisii* Vahl. (MYRTACEAE)

Erick Monteiro de Sousa
Tainá Oliveira dos Anjos
Lidiane Diniz do Nascimento
Eloisa Helena de Aguiar Andrade
Cristiane Maria Leal Costa
Lênio José Guerreiro de Faria

DOI 10.22533/at.ed.36419030421

CAPÍTULO 22 192

MODELAGEM MATEMÁTICA DA CINÉTICA DE SECAGEM DE TOMATES TIPO CEREJA E UVA POR MODELOS SEMITEÓRICOS E EMPÍRICOS

Heitor Otacílio Nogueira Altino
Renata Nepomuceno da Cunha

DOI 10.22533/at.ed.36419030422

CAPÍTULO 23 207

SECAGEM DO EXTRATO DA CASCA DE BERINJELA EM SPRAY DRYER COM ADIÇÃO DE ADJUVANTES

Raissa Henrique Silva
Erica Cortez de Lima
Suziani Cristina de Medeiros Dantas
Thayse Naianne Pires Dantas
Maria de Fátima Dantas de Medeiros

DOI 10.22533/at.ed.36419030423

CAPÍTULO 24 214

CINÉTICA DE SECAGEM DO MESOCARPO DE BACURI

Layrton José Souza Da Silva
Dennys Correia Da Silva
Ilmar Alves Lopes
Harvey Alexander Villa Vélez
Audirene Amorim Santana

DOI 10.22533/at.ed.36419030424

CAPÍTULO 25 219

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS NO ESTUDO DA SECAGEM E ORIENTAÇÃO DA MATRIZ DE FILMES BIODEGRADÁVEIS DE AMIDO E ACETATO DE AMIDO PELO MÉTODO *TAPE-CASTING*

Ana Luiza Borges Guimarães
João Borges Laurindo
Vivian Consuelo Reolon Schmidt

DOI 10.22533/at.ed.36419030425

CAPÍTULO 26 232

EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE MALTODEXTRINA NO PROCESSO DE LIOFILIZAÇÃO DE MANGABA

Antonio Jackson Ribeiro Barroso
Francisco De Assis Cardoso Almeida
João Paulo De Lima Ferreira
Luzia Márcia De Melo Silva
Deise Souza De Castro
Joselito Sousa Moraes
Micheline Maria Da Silva Ribeiro

DOI 10.22533/at.ed.36419030426

CAPÍTULO 27 237

OXIDAÇÃO DE DIFERENTES AÇÚCARES UTILIZANDO CATALISADOR DE PdPtBi/C

Fabiana dos Santos Lima
João Guilherme Rocha Poço

DOI 10.22533/at.ed.36419030427

CAPÍTULO 28 250

PROSPECÇÃO DE FUNGOS FILAMENTOSOS DO BIOMA CAATINGA COM POTENCIALIDADE PARA PRODUÇÃO DE QUITINASE

José Renato Guimarães
Kaíque Souza Gonçalves Cordeiro Oliveira
Eudocia Carla Oliveira de Araújo
Maria Lúcia da Silva Cordeiro
Isabella da Rocha Silva
Ranoel José de Sousa Gonçalves

DOI 10.22533/at.ed.36419030428

CAPÍTULO 29 257

PROJETO CONCEITUAL E ANÁLISE ECONÔMICA PRELIMINAR DO PROCESSO DE PERVAPORAÇÃO PARA RECUPERAÇÃO DO AROMA DO SUCO DE ABACAXI

Bárbara Carlos Bassane

Marianna Rangel Antunes

Cecília Vilani

Roberto Bentes de Carvalho

DOI 10.22533/at.ed.36419030429

CAPÍTULO 30 274

EFEITOS DO TAMANHO DOS GRÂNULOS, DO REVESTIMENTO E DO TIPO DE FERTILIZANTE NA LIBERAÇÃO DE AMÔNIA EM FERTILIZANTES NITROGENADOS

Pedro Queiroz Takahashi

Gabriel Costa de Paiva

Marcelo Andrade de Godoy

José Mauro de Almeida

Deusanilde de Jesus Silva

DOI 10.22533/at.ed.36419030430

SOBRE A ORGANIZADORA..... 279

ESTUDO E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL DA ENCAPSULAÇÃO DE RESÍDUOS DO ABATE DE AVES

Caroline Machado da Silva

Universidade Federal da Integração Latino-Americana

Foz do Iguaçu - Paraná

Marlei Roling Scariot

Universidade Federal da Integração Latino-Americana

Foz do Iguaçu - Paraná

Leonardo da Silva Arrieche

Universidade Federal da Integração Latino-Americana

Foz do Iguaçu - Paraná

RESUMO: Buscando a aplicação de resíduos do abate de frangos na indústria de cosméticos, a encapsulação da albumina foi estudada, utilizando as técnicas de aspersão e extrusão. Foi utilizado um planejamento composto central 2^2 , com a concentração de gel e a porcentagem de albumina como variáveis. O diâmetro médio de Sauter foi utilizado como resposta e calculado através do ajuste do modelo RRB à distribuição granulométrica. O uso do alginato de sódio como gel e a técnica de extrusão se mostraram promissoras, formando materiais com diâmetros menores que 0,25 mm, utilizando entre 0,5 e 1% de alginato. Além disso, a porcentagem de albumina não teve influência direta nos tamanhos das partículas.

PALAVRAS-CHAVE: encapsulação de

proteínas, resíduos industriais e planejamento experimental.

ABSTRACT: Aiming the application of chicken slaughter on the cosmetic's industry, albumin's encapsulation was studied, using aspersion and extrusion techniques. A central composite design 2^2 was utilized, with the gel's concentration and percentage of albumin as variables. Sauter's mean diameter was used as answer and calculated through fitting of the RRB model to the particle-size distribution. The use of sodium alginate as gel and the extrusion technique proved to be promising, producing materials with diameters smaller than 0,25 mm, utilizing between 0,5 and 1% of alginate. Besides, albumin's percentage did not have direct influence on the size of the particles.

KEYWORDS: protein encapsulation, industrial residues and experimental design.

1 | INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores países exportadores de carne global. A cada onze quilos de carne de aves exportada no mundo, aproximadamente quatro são provenientes do Brasil, sendo o segundo maior produtor mundial de frango, atrás apenas dos EUA (GOMES, 2016). O abate de aves gera resíduos: sangue,

penas, vísceras, gordura, entre outros. Esses resíduos devem ser minimizados por meio de práticas que apresentem vantagens econômicas. Esse trabalho enfoca a aplicação do sangue de aves, em específico, seu soro (plasma sanguíneo sem fibrinogênio). O plasma de aves apresenta em sua composição seca, aproximadamente, 88% de proteínas (albumina e globulina) (SORAPUKDEE; NARUNATSOPANON, 2017). Essas apresentam alto valor industrial, por exemplo, a albumina é utilizada para formação de emulsões, gelatinas e espumas (SORAPUKDEE; NARUNATSOPANON, 2017) – todas aplicações da indústria de cosméticos.

Desde 1960, a albumina vem sendo utilizada em produtos antirrugas e contra inchaço nos olhos, sendo extraída normalmente de ovos, ovários e, alguns casos, placenta (HELENE CURTIS INDUSTRIES, 2017). O uso da albumina retirada do soro de sangue de aves é uma alternativa interessante, devido a facilidade de extração. Uma desvantagem dessa fonte é que a mesma é vulnerável a ataques bacterianos e fúngicos. Nesse contexto, é pertinente a encapsulação da albumina.

A encapsulação é uma técnica que envolve um material polimérico atuando como filme protetor de um agente ativo, evitando sua exposição e cuja membrana se desfaz sob algum estímulo específico (FIB, 2013). Os materiais encapsulados têm: liberação controlada dos agentes ativos, melhoria em sua performance e aparência, novas aplicações criadas, reatividade do material com o ambiente reduzida, velocidade de evaporação diminuída, diluição homogênea e aumento de vida de prateleira (FIB, 2013).

Nesse trabalho, foi estudada a encapsulação da albumina em gel por técnicas de aspersão (borrifador e aerógrafo) e extrusão (seringa) visando a melhor formulação para aplicações futuras e embasar o estudo da redução dos diâmetros das cápsulas a nível micrométrico.

2 | METODOLOGIA

Os seguintes equipamentos e reagentes foram utilizados: chapa de aquecimento, peneira, borrifador, compressor, aerógrafo (0,2 mm), seringa de 5 mL, agulha de calibre 30G (0,3x13 mm), cloreto de cálcio, alginato de sódio, ágar gel e solução modelo de soro (mistura de 3% de albumina em água).

O procedimento consistiu em solubilizar o gel (ágar, quando utilizado o borrifador e alginato, com o aerógrafo e a seringa) em água e solução modelo de soro, com leve agitação e aquecimento. Em seguida, se adicionou a solução no borrifador, no aerógrafo ou seringa (GALDINO et al., 2016). Depois, a solução foi borrifada ou gotejada sob um banho de água com 5% de CaCl_2 . As gotas gelificadas eram formadas instantaneamente, e em seguida, foram peneiradas e armazenadas. A concentração de alginato e a porcentagem de albumina foram definidas com um planejamento composto central 2^2 , utilizando de 0,50 a 1,71 g de gel por 50 g de solução e de 15,30

e 100% de porcentagem mássica de solução modelo de soro na fase aquosa.

Os resultados obtidos por extrusão (seringa) foram analisados por análise de imagens das cápsulas, com o uso do programa *ImageJ*[®]. Pela distribuição dos diâmetros, se determinou o diâmetro médio de Sauter, por meio do ajuste RRB (encontrado na equação 1) às distribuições granulométricas, conforme a equação 2.

$$X_i = 1 - \exp\left\{-\left[\frac{D_i}{D'}\right]^n\right\}, \quad (1)$$

$$d_{Sauter} = \frac{D'}{\Gamma\left(1 - \frac{1}{n}\right)}, \quad (2)$$

onde X_i é a frequência acumulada de diâmetros, D_i os diâmetros médios calculados pelo *software* e D' e n são parâmetros que são obtidos com o ajuste.

Em seguida, esse resultado foi utilizado como resposta do planejamento experimental, obtendo-se um modelo quadrático que explicava as interações entre as variáveis e a resposta, com testes estatísticos (coeficiente de regressão, teste t e valor p) para comprovar sua plausibilidade.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A técnica de aspersão com borrifador teve êxito na formação de bolhas (resultados expostos na Figura 1a), porém o ágar gel solidificava a temperatura ambiente, tornando-o inaceitável para aplicações, pois seria necessário que a solução se mantivesse quente durante a encapsulação. Além disso, o borrifador produziria gotas com grande diâmetro – encontradas na Figura 1b.

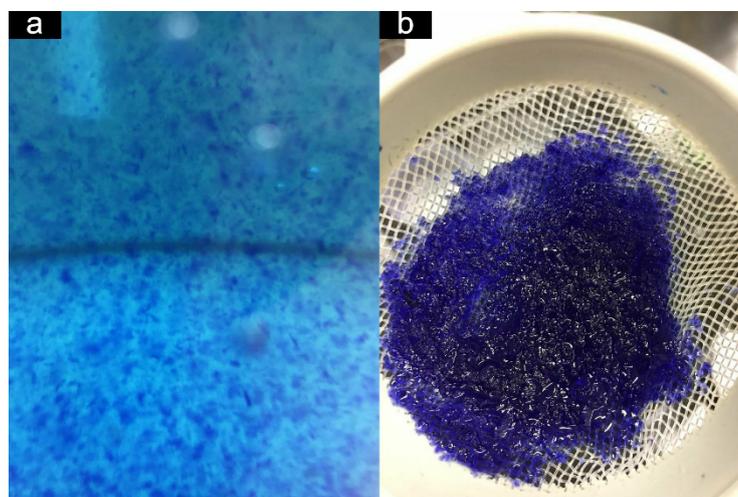


Figura 1 – Resultados referentes a aspersão com borrifador.

Com o objetivo de diminuir o tamanho das partículas, foi utilizada a técnica de

aspersão com o uso de um aerógrafo e um novo gel, o alginato de sódio. Esse método se mostrou efetivo na formação de gotas menores, porém o aerógrafo necessita de soluções extremamente diluídas para seu funcionamento ideal. Como, a incorporação do soro, em maior quantidade possível, é um dos objetivos desse trabalho, a técnica não foi considerada adequada.

Logo, se utilizou a técnica de extrusão com seringa, com base nos trabalhos de GALDINO et al. (2016), que apesar de gerar partículas com tamanhos maiores (Figura 2b), se mostrou adequada para formação de cápsulas de gel, de forma simples. As soluções finais se encontram na Figura 2a, onde a variação das cores é explicada pela porcentagem de albumina da solução.

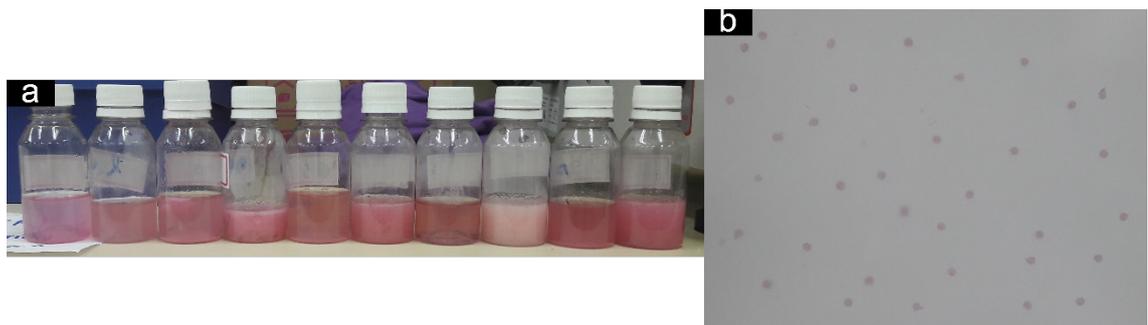


Figura 2 - Resultados referentes a técnica de extrusão.

As cápsulas obtidas passaram por análise de imagens e posterior determinação do diâmetro de Sauter, a partir do ajuste do modelo RRB (equação 1) nas distribuições granulométricas das amostras. Um resultado típico do procedimento (amostra com 1,0% de gel) pode ser observado na Figura 3, com seu ajuste ao modelo RRB observado na equação 3:

$$X_i = 1 - \exp\left\{-\left[\frac{D_i}{0,23 \pm 10,9 \times 10^{-4} \text{mm}}\right]^{4,70 \pm 0,15}\right\} \quad (3)$$

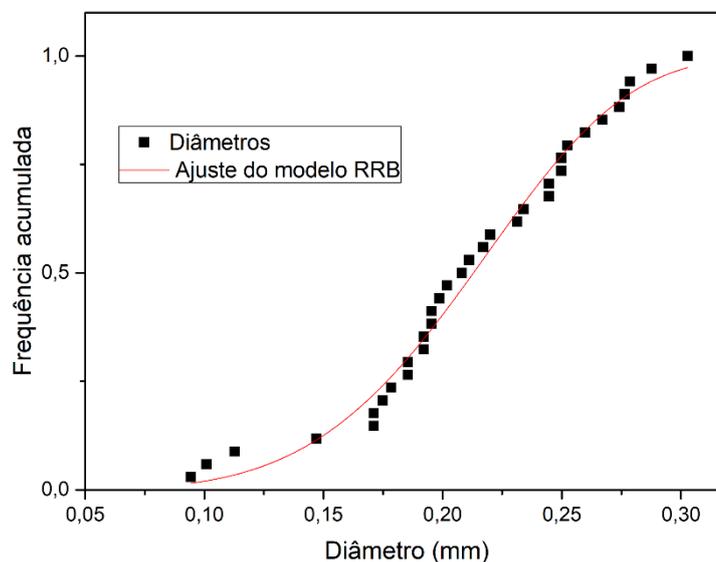


Figura 3 – Resultado típico de distribuição granulométrica.

Todas as distribuições granulométricas obtiveram $R^2 > 0,93$ e parâmetros com erros de valores baixos. Os resultados encontrados estão dispostos na Tabela 1.

Amostra	[Gel] (g/50 g de solução)	% Albumina (fase aquosa)	Diâmetro de Sauter (mm)
1	-1	-1	0,1953
2	1	-1	0,2808
3	-1	1	0,2612
4	1	1	0,2303
5	-1,41	0	0,2120
6	1,41	0	0,2836
7	0	-1,41	0,2464
8	0	1,41	0,2345
9	0	0	0,2844
10	0	0	0,2929

Tabela 1 – Diâmetros de Sauter calculados em cada amostra.

Pode-se notar na Tabela 1 que os menores diâmetros, 0,19 e 0,21 mm, ocorreram com baixas quantidades de alginato, com 0,5g/50 g de solução e 0,29g/50g de solução, respectivamente. Esses dados sugerem que concentrações entre 0,5 e 1% de alginato resultam em diâmetros menores de partículas. Com a utilização de planilhas eletrônicas (TEÓFILO; FERREIRA, 2006) foram obtidos os parâmetros do modelo quadrático que explicam os efeitos entre as variáveis e as respostas, expostos na Tabela 2.

Efeito	Coefficiente	t-valor	p-valor
Média	0,2887±0,0042 (mm)	68,46	0,0093
Principal da [gel]	0,0195±0,0021 (mm.(g/g) ⁻¹)	9,23	0,0687
Principal da % albumina	-0,0002±0,0021 (mm)	0,07	0,9539
Quadrático da [gel]	-0,0211±0,0028 (mm.(g/g) ⁻²)	7,52	0,0841
Quadrático da % albumina	-0,0248±0,0028 (mm)	8,84	0,0717
Interação entre [gel] e % albumina	-0,0291±0,0030 (mm.(g/g) ⁻¹)	9,76	0,0650

Tabela 2 – Parâmetros do modelo quadrático.

Ao analisar a Tabela 2, se percebe que, com exceção da porcentagem de proteína, os efeitos entre as variáveis e o diâmetro de Sauter foram todos significativos no intervalo de confiança de 90% - a escolha desse intervalo foi feita pois o número de cápsulas em cada amostragem era pequeno. Esse resultado indica que a incorporação de soro pode ser feita, sem influência direta no tamanho da cápsula. Além disso, o

modelo quadrático obtido pelo planejamento foi estatisticamente significativo, com um R^2 de 0,956 com baixos valores de resíduos. Esse modelo se encontra na equação 4:

$$y = 0,2887 + 0,0195x_1 - 0,0211x_1^2 - 0,0248x_2^2 - 0,0291x_1x_2, \quad (4)$$

onde y é a resposta (diâmetro de Sauter), x_1 é a concentração de gel e x_2 é a porcentagem de albumina. Com o modelo da equação 4, pode ser feita a superfície de resposta, observada na Figura 4.

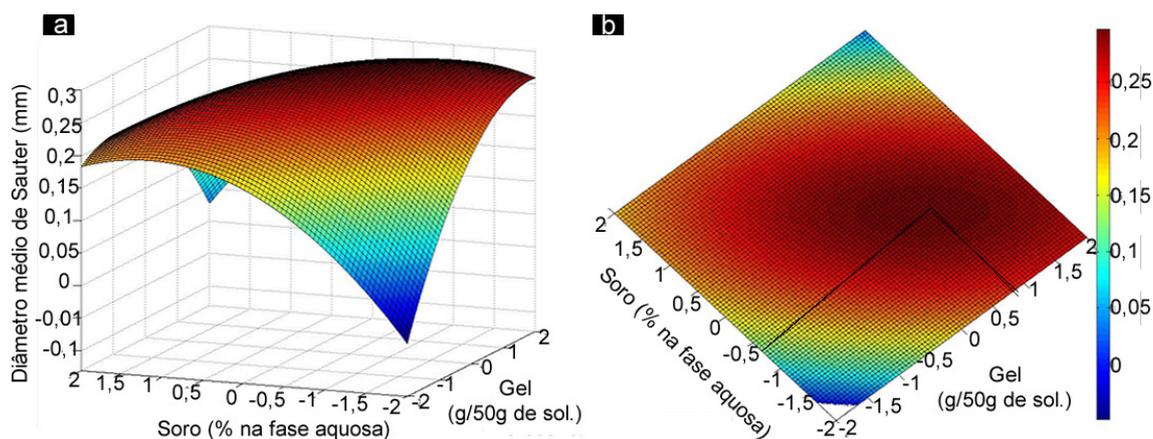


Figura 4 – Superfície de resposta (a) e sua forma planificada com escala de cores (b).

Na Figura 4, nota-se que os menores diâmetros podem ser encontrados em pontos com baixas quantidades de alginato ou em pontos com alta concentração de alginato e porcentagem de albumina – esse último fato sendo explicado pelo efeito da interação entre alginato e soro. No geral, os pontos que possuem maior quantidade de alginato resultam em maiores diâmetros, com mínima influência da quantidade de solução modelo de soro.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora as três técnicas tenham sido efetivas na formação de cápsulas, a técnica de extrusão foi a mais interessante para o trabalho, com o uso do alginato de sódio como membrana. Embora, não seja produzida partícula em escala micrométrica, a extrusão permitiu embasar valores ótimos de concentração de gel – entre 0,5 e 1% de alginato em 50g de solução – objetivando diâmetros menores, dentro da faixa experimental de 0,58 e 3,42% de gel. Além disso, com o planejamento experimental foi possível notar que a incorporação de proteína pode ser feita, sem influenciar diretamente no tamanho das cápsulas, já que o parâmetro não foi significativo. O modelo quadrático obtido pelo planejamento teve um R^2 de 0,956, sendo estatisticamente significativo, podendo ser utilizado para a construção de uma superfície de resposta.

5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao grupo de pesquisa ILAEQ (Integração Latino-Americana em Engenharia Química) e aos técnicos de laboratório Paula e Luciano.

REFERÊNCIAS

FIB. A microencapsulação a serviço da indústria alimentícia. **Revista Food Ingredients Brasil**, p. 30–36, 2013.

GALDINO, V. S.; SOUZA, E. F.; TONON, R. V. ENCAPSULAÇÃO DE LIPASES OBTIDAS POR *Aspergillus Niger* EM GÉIS DE ALGINATO DE SÓDIO. XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos. **Anais...**, 2016.

GOMES, M. **A indústria do frango no brasil**. São Paulo, 2016.

HELENE CURTIS INDUSTRIES. Albumin Wrinkle Smoothers. **Cosmetics and Skin**, p. 1–7, 2017.

SORAPUKDEE, S.; NARUNATSOPANON, S. Comparative Study on Compositions and Functional Properties of Porcine, Chicken and Duck Blood. **Korean Journal for Food Science of Animal Resources**, v. 37, n. 2, p. 228–241, 2017.

TEÓFILO, R. F.; FERREIRA, M. M. C. Quimiometria II: Planilhas eletrônicas para cálculos de planejamentos experimentais, um tutorial. **Química Nova**, v. 29, n. 2, p. 338–350, 2006.

SOBRE A ORGANIZADORA

CARMEN LÚCIA VOIGT Doutora em Química na área de Química Analítica e Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Especialista em Química para a Educação Básica pela Universidade Estadual de Londrina. Graduada em Licenciatura em Química pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Experiência há mais de 10 anos na área de Educação com ênfase em avaliação de matérias-primas, técnicas analíticas, ensino de ciências e química e gestão ambiental. Das diferentes atividades desenvolvidas destaca-se uma atuação por resultado, como: supervisora de laboratórios na indústria de alimentos; professora de ensino médio; professora de ensino superior atuando em várias graduações; professora de pós-graduação *lato sensu*; palestrante; pesquisadora; avaliadora de artigos e projetos; revisora de revistas científicas; membro de bancas examinadoras de trabalhos de conclusão de cursos de graduação. Autora de artigos científicos. Atuou em laboratório multiusuário com utilização de técnicas avançadas de caracterização e identificação de amostras para pesquisa e pós-graduação em instituição estadual.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-236-4

