



3

Carla Cristina Bauermann Brasil
(Organizadora)

ALIMENTOS, NUTRIÇÃO E SAÚDE



3

Carla Cristina Bauermann Brasil
(Organizadora)

ALIMENTOS, NUTRIÇÃO E SAÚDE

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes editoriais

Natalia Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



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

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

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

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

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

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant'Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

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

Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

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

Linguística, Letras e Artes

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

Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Giovanna Sandrini de Azevedo
Indexação: Gabriel Motomu Teshima
Revisão: Os autores
Organizadora: Carla Cristina Bauermann Brasil

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A411 Alimentos, nutrição e saúde 3 / Organizadora Carla Cristina Bauermann Brasil. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-407-5

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.075211308>

1. Nutrição. 2. Saúde. I. Brasil, Carla Cristina Bauermann (Organizadora). II. Título.

CDD 613

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

A presente obra “Alimentos, Nutrição e Saúde” publicada no formato *e-book*, traduz o olhar multidisciplinar e intersetorial da Alimentação e Nutrição. Os volumes abordarão de forma categorizada e interdisciplinar trabalhos, pesquisas, relatos de casos e revisões que transitam nos diversos caminhos da Nutrição e Saúde. O principal objetivo desse *e-book* foi apresentar de forma categorizada e clara estudos desenvolvidos em diversas instituições de ensino e pesquisa do país em quatro volumes. Em todos esses trabalhos a linha condutora foi o aspecto relacionado à avaliação antropométrica da população brasileira; padrões alimentares; avaliações físico-químicas e sensoriais de alimentos e preparações, determinação e caracterização de alimentos e de compostos bioativos; desenvolvimento de novos produtos alimentícios e áreas correlatas.

Temas diversos e interessantes são, deste modo, discutidos nestes volumes com a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres e todos aqueles que de alguma forma se interessam pela área da Alimentação, Nutrição, Saúde e seus aspectos. A Nutrição é uma ciência relativamente nova, mas a dimensão de sua importância se traduz na amplitude de áreas com as quais dialoga. Portanto, possuir um material científico que demonstre com dados substanciais de regiões específicas do país é muito relevante, assim como abordar temas atuais e de interesse direto da sociedade. Deste modo a obra “Alimentos, Nutrição e Saúde” se constitui em uma interessante ferramenta para que o leitor, seja ele um profissional, acadêmico ou apenas um interessado pelo campo das ciências da nutrição, tenha acesso a um panorama do que tem sido construído na área em nosso país.

Uma ótima leitura a todos(as)!

Carla Cristina Bauermann Brasil

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

BIOATIVIDADE DO FITATO DIETÉTICO: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Dayane de Melo Barros
Hélen Maria Lima da Silva
Danielle Feijó de Moura
Tamiris Alves Rocha
Silvio Assis de Oliveira Ferreira
Andreza Roberta de França Leite
Michelle Figueiredo Carvalho
Fábio Henrique Portella Corrêa de Oliveira
Diego Ricardo da Silva Leite
Talismania da Silva Lira Barbosa
Cleidiane Clemente de Melo
Juliane Suelen Silva dos Santos
Maurilia Palmeira da Costa
Marcelino Alberto Diniz
Roberta de Albuquerque Bento da Fonte

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0752113081>

CAPÍTULO 2..... 16

COMPUESTOS BIOACTIVOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN FRUTOS SILVESTRES ALTOANDINOS

Carlos Alberto Ligarda Samanez
David Choque Quispe
Henry Palomino Rincón
Betsy Suri Ramos Pacheco
Elibet Moscoso Moscoso
Mary Luz Huamán Carrión
Diego Elio Peralta Guevara

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0752113082>

CAPÍTULO 3..... 29

ENRIQUECIMENTO DE BISCOITO COM COMPOSTOS BIOATIVOS PARA COMBATER A OSTEOPOROSE

Marcele Leal Nörnberg
Maria de Fátima Barros Leal Nörnberg
Cátia Regina Storck

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0752113083>

CAPÍTULO 4..... 35

ELABORAÇÃO DE MOUSSE COM REDUZIDO TEOR DE AÇÚCAR E ENRIQUECIDO COM POLIFENÓIS

Marcele Leal Nörnberg
Maria de Fátima Barros Leal Nörnberg
Cristiana Basso

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0752113084>

CAPÍTULO 5..... 42

ADIÇÃO DE NUTRIENTES EM CHOCOLATE – MINI REVISÃO

Beatriz Lopes de Sousa

Suzana Caetano da Silva Lannes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0752113085>

CAPÍTULO 6..... 58

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA FARINHA DE TRIGO BRANCA ADICIONADA DE FARINHA DE ORA-PRO-NÓBIS

Fabiane Mores

Micheli Mayara Trentin

Fernanda Copatti

Tamires Pagani

Mirieli Valduga

Marlene Bampi

Andreia Zilio Dinon

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0752113086>

CAPÍTULO 7..... 65

AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE GELADO COMESTÍVEL COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE DOCE CREMOSO DE UVAIA

Márcia Liliane Rippel Silveira

Aline Finatto Alves

Vanessa Pires da Rosa

Andréia Cirolini

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0752113087>

CAPÍTULO 8..... 74

ANÁLISE DE FARINHA DE TRIGO ADICIONADA DE POLVILHO DOCE PARA ELABORAÇÃO DE PÃO TIPO HOT DOG

Fabiane Mores

Andreia Zilio Dinon

Bárbara Cristina Costa Soares de Souza

Tamires Pagani

Mirieli Valduga

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0752113088>

CAPÍTULO 9..... 85

DOCE EM MASSA DE GRAVIOLA (*Annona muricata* L.) COM REDUZIDO VALOR CALÓRICO: DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO

Ana Lúcia Fernandes Pereira

Clara Edwiges Rodrigues Acelino

Romário de Sousa Campos

Bianca Macêdo de Araújo

Virgínia Kelly Gonçalves Abreu

Tatiana de Oliveira Lemos

Francineide Firmino

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0752113089>

CAPÍTULO 10..... 97

FABRICAÇÃO DE GELEIA A BASE DE GOIABA VARIANDO A QUANTIDADE DE CONDIMENTOS

Thiago Depieri
Jeancarlo Souza Santiago
Gustavo Belensier Angelotti
Lucas Marques Mendonça
Lucas Rodrigues Lopes
Welberton Paulino Mohr Alves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.07521130810>

CAPÍTULO 11..... 107

ESTUDO DA PÓS-ACIDIFICAÇÃO DE IOGURTES E LEITES FERMENTADOS COM POLPA DE BURITI (*Mauritia flexuosa* L. f.)

Daniela Cavalcante dos Santos Campos
Karoline Oliveira de Souza
Jéssica Kellen de Souza Mendes
Tais Oliveira de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.07521130811>

CAPÍTULO 12..... 118

SUBSTITUIÇÃO DE ADITIVOS SINTÉTICOS POR FONTES NATURAIS EM PRODUTOS CÁRNEOS: UMA REVISÃO

Job Ferreira Pedreira
Alexandre da Trindade Alfaro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.07521130812>

CAPÍTULO 13..... 129

ANÁLISE DO PERFIL QUÍMICO E CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DO EXTRATO HIDROMETANÓLICO DE CACAUÍ

Josiana Moreira Mar
Jaqueline de Araújo Bezerra
Sarah Larissa Gomes Flores
Edgar Aparecido Sanches
Pedro Henrique Campelo
Valdely Ferreira Kinupp

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.07521130813>

CAPÍTULO 14..... 139

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA, REOLÓGICA E ESTRUTURAL DA FARINHA DE PINHÃO (*Araucaria Angustifolia*) CRU E COZIDO VISANDO APLICAÇÃO EM PRODUTOS ALIMENTÍCIOS

Barbara Geremia Vicenzi
Fernanda Jéssica Mendonça
Denis Fabrício Marchi

Daniele Cristina Savoldi
Ana Clara Longhi Pavanello
Thais de Souza Rocha
Adriana Lourenço Soares

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.07521130814>

CAPÍTULO 15..... 152

**AVALIAÇÃO DO PERFIL NUTRICIONAL, VOLÁTIL E DE ÁCIDOS GRAXOS DO MUCAJÁ
(*ACROCOMIA ACULEATA*)**

Tasso Ramos Tavares
Francisca das Chagas do Amaral Souza
Jaime Paiva Lopes Aguiar
Edson Pablo da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.07521130815>

CAPÍTULO 16..... 164

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE DIFERENTES PROCESSOS DE PRODUÇÃO
DE GELADO COMESTÍVEL DE UVAIA**

Márcia Liliane Rippel Silveira
Aline Finatto Alves
Andréia Cirolini
Vanessa Pires da Rosa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.07521130816>

CAPÍTULO 17..... 172

**CARACTERIZAÇÃO DE PÓS DE MORANGO OBTIDOS PELA SECAGEM EM LEITO DE
ESPUMA (*FOAM MAT DRYING*)**

Joyce Maria de Araújo
Amanda Castilho Bueno Silva
Luiza Teixeira Silva
Bruna de Souza Nascimento

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.07521130817>

CAPÍTULO 18..... 179

**CLASSIFICAÇÃO E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS DE MARACUJÁ-AZEDO,
COMERCIALIZADOS EM FEIRAS LIVRES NO MUNICÍPIO DE SANTARÉM – PARÁ**

Jailson Sousa de Castro
Natália Santos da Silva
Thaisy Gardênia Gurgel de Freitas
Maria Lita Padinha Côrrea Romano

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.07521130818>

CAPÍTULO 19..... 190

**AVALIAÇÃO DO TEOR DE MACRO NUTRIENTES DE DUAS VARIEDADES DE MANÁ
CUBIU**

Ana Beatriz Silva Araújo
Nádja Miranda Vilela Goulart

Filipe Almendagna Rodrigues
Elisângela Elena Nunes Carvalho
Eduardo Valério de Barros Vilas Boas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.07521130819>

CAPÍTULO 20..... 195

AVALIAÇÃO DA ROTULAGEM DE MANTEIGA GHEE COMERCIALIZADA NA CIDADE DE NATAL/ RN

Michele Dantas
Uliana Karina Lopes de Medeiros

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.07521130820>

CAPÍTULO 21..... 207

USO DE ANTIOXIDANTES: ROTULAGEM DE ALIMENTOS

Tatiana Cardoso Gomes
Dehon Ricardo Pereira da Silva
Vanda Leticia Correa Rodrigues
Tânia Sulamytha Bezerra
Lícia Amazonas Calandrini Braga
Suely Cristina Gomes de Lima
Pedro Danilo de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.07521130821>

CAPÍTULO 22..... 214

ONDAS DE CONSUMO DO CAFÉ

Cintia da Silva Araújo
Leandro Levate Macedo
Wallaf Costa Vimercati
Hugo Calixto Fonseca
Hygor Lendell Silva de Souza
Magno Fonseca Santos
Solciaray Cardoso Soares Estefan de Paula
Pedro Henrique Alves Martins
Raquel Reis Lima
Cíntia Tomaz Sant'Ana
Ramon Ramos de Paula

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.07521130822>

CAPÍTULO 23..... 220

INHAME DA ÍNDIA: DA PESQUISA CIENTÍFICA AO PRATO DO CONSUMIDOR

Daiete Diolinda da Silveira
Rochele Cassanta Rossi
Tanise Gemelli

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.07521130823>

CAPÍTULO 24.....229

PROCESSING INFLUENCE ON DARK CHOCOLATE STRUCTURE

Vivianne Yu Ra Jang
Orquídea Vasconcelos dos Santos
Suzana Caetano da Silva Lannes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.07521130824>

CAPÍTULO 25.....239

EFFECT OF CRICKET MEAL (*GRYLLUS ASSIMILIS*) AS A POTENTIAL SUPPLEMENT ON EGG QUALITY AND PERFORMANCE OF LAYING HEN

Jhuniar Abrahan Marcía Fuentes
Ricardo Santos Aleman
Ismael Montero Fernández
Selvin Antonio Saravia Maldonado
Manuel Carrillo Gonzales
Alejandrino Oseguera Alfaro
Madian Galo Salgado
Emilio Nguema Osea
Shirin Kazemzadeh
Lilian Sosa
Manuel Alvarez Gil

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.07521130825>

CAPÍTULO 26.....250

USO DE MICROFILTRAÇÃO NA CONSERVAÇÃO DE LEITE

Leandro Levate Macedo
Wallaf Costa Vimercati
Cintia da Silva Araújo
Pedro Henrique Alves Martins
Solciaray Cardoso Soares Estefan de Paula
Magno Fonseca Santos
Hugo Calixto Fonseca
Cíntia Tomaz Sant'Ana
Raquel Reis Lima
Hygor Lendell Silva de Souza
Ramon Ramos de Paula

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.07521130826>

CAPÍTULO 27.....256

LACTOSE: DA ETIOLOGIA DA INTOLERÂNCIA À DETERMINAÇÃO EM ALIMENTOS “BAIXO TEOR” E “ZERO” LACTOSE

Magda Leite Medeiros
Cristiane Bonaldi Cano

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.07521130827>

CAPÍTULO 28	270
HIDRÓLISE ENZIMÁTICA DA LACTOSE PRESENTE NO SORO DE LEITE: ENZIMA LIVRE E IMOBILIZADA	
Aline Brum Argenta	
Alessandro Nogueira	
Agnes de Paula Scheer	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.07521130828	
CAPÍTULO 29	283
FTI-MIR E MÉTODOS QUIMIOMÉTRICOS PARA RECONHECIMENTO DE PADRÕES DE SOROS EM ADULTERAÇÕES DE LEITE	
Simone Melo Vieira	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.07521130829	
SOBRE O ORGANIZADORA	294
ÍNDICE REMISSIVO	295

HIDRÓLISE ENZIMÁTICA DA LACTOSE PRESENTE NO SORO DE LEITE: ENZIMA LIVRE E IMOBILIZADA

Data de aceite: 01/08/2021

Data de submissão: 01/05/2021

Aline Brum Argenta

Universidade Federal do Paraná (UFPR),
Programa de Pós-Graduação em Engenharia
de Alimentos, Curitiba, Paraná, Brasil.
<http://lattes.cnpq.br/6353632711579998>

Alessandro Nogueira

Universidade Estadual de Ponta Grossa
(UEPG), Departamento de Engenharia de
Alimentos, Ponta Grossa, Paraná, Brasil.
<http://lattes.cnpq.br/4765044162346741>

Agnes de Paula Scheer

Universidade Federal do Paraná (UFPR),
Departamento de Engenharia Química e
Programa de Pós-Graduação em Engenharia
de Alimentos, Curitiba, Paraná, Brasil.
<http://lattes.cnpq.br/3972304670262331>

RESUMO: A intolerância à lactose consiste na redução da capacidade do organismo em hidrolisar este carboidrato. Logo, a hidrólise da lactose presente no soro de leite tem sido uma alternativa, que além de possibilitar sua aplicação em produtos destinados à população que sofre de intolerância, contribui para diminuição do impacto ambiental causado por este subproduto. A reutilização da enzima oferecida pelo sistema de imobilização torna esta técnica vantajosa quando comparada à forma livre, que impossibilita a estabilidade da enzima para usos prolongados. Portanto, objetivou-se avaliar

a hidrólise da lactose presente no soro de leite bovino, com enzima livre e imobilizada. Utilizou-se a enzima β -galactosidase (*Kluyveromyces lactis*) e a técnica de aprisionamento em esferas de alginato para imobilização. O procedimento consistiu no gotejamento de uma mistura de enzima e solução de alginato de sódio 4% (1:4) sobre uma solução de cloreto de cálcio 0,2 M, sob agitação. A atividade enzimática foi determinada por método espectrofotométrico utilizando como substrato o ortho-nitrophenyl- β -D-galactoside (ONPG) para reação com a enzima. A concentração de glicose das amostras após a hidrólise foi determinada por método espectrofotométrico utilizando kit enzimático glicose-oxidase. A imobilização da β -galactosidase nas esferas de alginato foi eficiente e apresentou bom rendimento, com valores de 79,8 e 85,2%, respectivamente. Verificou-se maior atividade enzimática em pH 7,0 e a 35 °C, para ambas as formas da enzima. Foi observada maior estabilidade para a enzima imobilizada, enquanto que a enzima livre resultou em maior conversão da lactose. Estes resultados podem ser explicados pela proteção conferida à enzima pelas esferas de alginato, o que implica na redução da transferência de massa.

PALAVRAS - CHAVE: β -galactosidase; Esferas de alginato; Atividade enzimática; Soro de leite bovino.

ENZYMATIC HYDROLYSIS OF LACTOSE IN WHEY: FREE AND IMMOBILIZED ENZYME

ABSTRACT: Lactose intolerance consists of reducing the organism's ability to hydrolyze this carbohydrate. Therefore, the hydrolysis of lactose present in whey has been an alternative, which in addition to enabling its application in products intended for the population suffering from intolerance, contributes to reducing the environmental impact caused by this by-product. The reuse of the enzyme offered by the immobilization system makes this technique advantageous when compared to the free form, which prevents the stability of the enzyme for prolonged uses. Therefore, the objective was to evaluate the hydrolysis of lactose present in bovine whey, with free and immobilized enzyme. The enzyme β -galactosidase (*Kluyveromyces lactis*) and the imprisonment technique in alginate spheres were used for immobilization. The procedure consisted of dripping a mixture of enzyme and 4% sodium alginate solution (1:4) over a 0.2 M calcium chloride solution, under stirring. The enzymatic activity was determined by a spectrophotometric method using as substrate the ortho-nitrophenyl- β -D-galactoside (ONPG) for reaction with the enzyme. The glucose concentration of the samples after hydrolysis was determined by a spectrophotometric method using an enzyme glucose-oxidase kit. The immobilization of β -galactosidase in alginate spheres was efficient and showed good yield, with values of 79.8 and 85.2%, respectively. Higher enzymatic activity was found at pH 7.0 and at 35 °C, for both forms of the enzyme. Greater stability was observed for the immobilized enzyme, while the free enzyme resulted in greater conversion of lactose. These results can be explained by the protection afforded to the enzyme by the alginate spheres, which implies in the reduction of mass transfer.

KEYWORDS: β -galactosidase; Alginate spheres; Enzymatic activity; Bovine whey.

1 | INTRODUÇÃO

As proteínas concentradas do soro possuem grande interesse industrial em função de propriedades bioativas e tecnológicas (BRANDELLI et al., 2015; et al., 2017). Em contrapartida, a lactose, que é o nutriente mais abundante do soro de leite, apresenta utilização em produtos lácteos bastante limitada. Deve-se esta limitação de uso, ao considerar a grande parcela da população mundial que apresenta intolerância a este dissacarídeo (KUMAR et al., 2015).

Assim, a hidrólise da lactose é uma alternativa capaz de ampliar suas possibilidades de aplicação, além de contribuir com a redução dos impactos ambientais causados pelo soro de leite (VASILEVA et al., 2016). Na forma hidrolisada, a lactose também oferece algumas vantagens tecnológicas e sensoriais, bem como proporciona melhor biodegradabilidade ao soro e torna viável sua utilização como substrato para produção de etanol e hidrogênio, por exemplo (PATEL et al., 2016; VERMA et al., 2012).

O processo de hidrólise da lactose pode ser conduzido com a enzima na forma livre ou imobilizada, mas no modo livre a enzima possui menor estabilidade para uso prolongado. A possibilidade de reutilização da enzima oferecida pelo sistema de imobilização torna esta técnica muito vantajosa, permitindo a redução do custo operacional, além de conferir maior

estabilidade à enzima (SZYMAŃSKA et al., 2007; VERMA et al., 2012).

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o processo de hidrólise da lactose presente no soro de leite bovino reconstituído, com enzima livre e imobilizada em esferas de alginato.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Materiais

Soro de leite em pó, do tipo doce, da produção de queijo *Mozzarella* foi doado pela Alibra Ingredients, Ltda (Campinas, SP, Brasil). Na preparação da amostra, o soro em pó foi reconstituído por dissolução em água destilada a 30 °C, com teor de sólidos solúveis de 6% (m/v). Optou-se pelo uso do soro reconstituído por ser mais estável, ter maior vida útil e garantir a homogeneidade inicial dos experimentos, permitindo que apenas os efeitos das variáveis do processo influenciem nos resultados.

A enzima empregada na hidrólise da lactose foi uma β -galactosidase (β -gal), de origem da fermentação controlada do micro-organismo *Kluyveromyces lactis*, a qual foi doada pela empresa Granotec (Araucária, PR, Brasil). De acordo com a descrição do fabricante, a enzima apresenta forma líquida, coloração amarelo claro, atividade enzimática de 6500 U mL⁻¹ e condições de atuação entre 2-42 °C e pH 5,0-7,5.

Os reagentes ortho-nitrophenyl (ONP) e ortho-nitrophenyl- β -D-galactoside (ONPG) foram adquiridos da Sigma-Aldrich e utilizados para a determinação da atividade da β -galactosidase. O kit enzimático utilizado para a determinação de glicose foi o Glicose Liquiform, com padrão incluído, da empresa Labtest (Lagoa Santa, MG, Brasil). Os demais reagentes utilizados durante as análises eram todos de pureza analítica.

2.2 Imobilização da enzima

A imobilização da enzima β -gal foi realizada em esferas de alginato de sódio, conforme metodologia descrita por Prashanth e Mulimani (2005) com modificações. A solução de alginato de sódio a 4% foi preparada em água destilada e agitada até se observar uma solução límpida e homogênea. A solução de alginato foi então misturada em uma proporção de 4:1 (v:v) com a solução de enzima. A mistura enzima-alginato resultante foi adicionada gota a gota com o auxílio de uma bomba peristáltica (BP 600, Milan Equipamentos Científicos, Brasil) sobre uma solução de CaCl₂ 0,2 M em tampão acetato de sódio 0,1 M (pH 5,0), sob agitação constante, como ilustra a Figura 1.

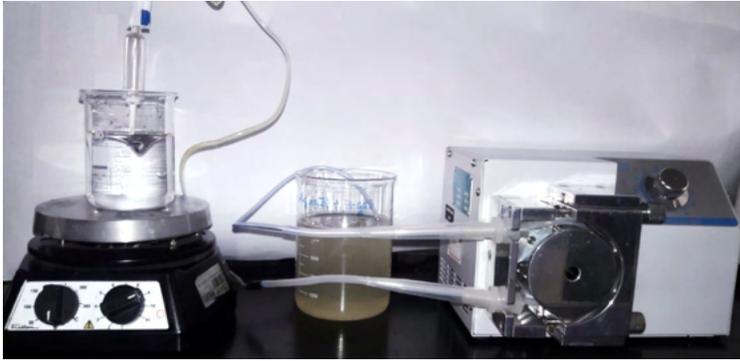


Figura 1 - Sistema utilizado para imobilização da enzima nas esferas de alginato.

As gotas formaram instantaneamente esferas de gel em contato com a solução de CaCl_2 , que foi mantida sob agitação magnética constante. As esferas contendo as enzimas imobilizadas foram mantidas na solução de CaCl_2 durante 20 minutos e então lavadas com tampão acetato de sódio 0,1 M (pH 5,0) para remoção das moléculas de enzima não retidas. Após, as esferas obtidas foram armazenadas em tampão acetato de sódio 0,1 M (pH = 4,5) a 4 °C, em frasco vedado até sua aplicação na hidrólise das amostras de soro.

A eficiência da imobilização (EI) e o rendimento da imobilização (RI) foram calculados de acordo com a Equação 1 e Equação 2, respectivamente:

$$EI (\%) = \frac{\alpha_i}{\alpha_l} \times 100 \quad (1)$$

$$RI (\%) = \frac{P_i - (P_w + P_s)}{P_i} \times 100 \quad (2)$$

Onde α_i é a atividade da enzima imobilizada, α_l é a atividade da enzima livre, P_i é o teor proteico total da preparação enzimática bruta, P_w e P_s são a concentração de proteína da solução de lavagem e sobrenadante após a imobilização, respectivamente.

2.3 Processo de hidrólise

Inicialmente foram conduzidos experimentos para determinação das melhores condições de processo, bem como para investigar de modo comparativo o desempenho da hidrólise da lactose com a enzima na forma livre e imobilizada. Estes ensaios foram conduzidos em Erlenmeyers acoplados a banho tipo Dubnoff (SL-157, Solab) com agitação de 150 rpm, utilizando como substrato a solução de ONPG 13 mM e enzima na concentração de 2 U mL⁻¹.

a) Efeito do pH na atividade enzimática

Para determinar o pH ótimo para a atividade da β -gal, livre e imobilizada, durante as reações enzimáticas, foi utilizado tampão fosfato de sódio 0,1 M, variando o pH entre

5,0 e 7,5. As condições de tempo e temperatura dos ensaios enzimáticos foram 10 min e 37 °C, respectivamente. A reação foi interrompida com a adição de 0,5 mL de carbonato de sódio 10 % (m/v). As atividades relativas aos diferentes valores de pH foram quantificadas e expressas em relação à atividade obtida no ensaio padrão (37 °C, pH 6,5 e tempo de 10 min).

b) Efeito da temperatura na atividade enzimática

Verificou-se o efeito da temperatura na atividade da β -gal livre e imobilizada a 25, 30, 35, 40 e 45 °C. O substrato ONPG foi pré-incubado, a pH 7,0, nas respectivas temperaturas durante 5 minutos e então a enzima foi adicionada. Após 10 min, a reação foi interrompida com a adição de 0,5 mL de carbonato de sódio 10 % (m/v). A atividade relativa (%) foi expressa como a razão entre a atividade de β -gal obtida na respectiva temperatura e a atividade enzimática obtida na condição de ensaio padrão (37 °C, pH 6,5 e tempo de 10 min).

A estabilidade térmica foi avaliada por ensaios com ambas as enzimas, livre e imobilizada, segundo metodologia de Verma et al. (2012). A avaliação da termoestabilidade das enzimas foi realizada na ausência de substrato, a 40 °C (livre) e a 40 e 60 °C (imobilizada), por período de 6 h.

c) Ensaio cinético com soro de leite

A cinética de reação enzimática da lactose foi analisada para a enzima livre e imobilizada ao longo de 120 minutos de reação, a 35 °C. A amostra de soro bovino reconstituído 6% (m/v) foi utilizada neste ensaio, contendo concentração de lactose inicial de 41,2 g L⁻¹ e valor de pH ajustado para 7,0, com solução de NaOH (1N). A conversão da lactose foi monitorada pela análise da concentração de glicose pelo kit enzimático glicose-oxidase.

d) Ensaios de estabilidade à reutilização e ao armazenamento

O potencial de reutilização da enzima imobilizada foi avaliado pela realização da hidrólise da lactose presente na amostra de soro bovino reconstituído, em condições de ensaio 35 °C, pH 7,0 e tempo reação de 50 min, repetidas vezes. Depois de cada ciclo, as esferas contendo as enzimas imobilizadas foram removidas e lavadas com água deionizada e tampão acetato de sódio 0,1 M (pH 5,0). A atividade da enzima imobilizada foi calculada após cada ciclo de hidrólise e comparada com a atividade enzimática inicial.

A estabilidade ao armazenamento da enzima β -galactosidase foi determinada pelo monitoramento da atividade da enzima imobilizada durante o seu armazenamento em tampão acetato de sódio 0,1 M (pH = 4,5), a 4 °C por período de 90 dias. A atividade foi comparada com a atividade enzimática inicial e com a estabilidade ao armazenamento da enzima na forma livre.

2.4 Procedimentos analíticos

A amostra de soro de leite reconstituído foi caracterizada: pH por leitura direta em pHmetro digital (Gehaka, modelo PG 1800); demanda química de oxigênio (DQO) usando método colorimétrico com refluxo fechado (APHA, 2005); teor de proteína estimado por Lowry et al. (1951); lactose, medida apenas antes da hidrólise, pelo método DNS (ácido 3,5-dinitrosalicílico) de acordo com metodologia descrita por Miller (1959); concentração de glicose durante a hidrólise da lactose usando kit enzimático glicose-oxidase; lipídeos pelo método Roese-Gottlieb (AOAC, 2005); minerais (Ca, P, K e Na) pelo método para determinação de elementos químicos em alimentos baseado na AOAC (2005).

A atividade enzimática da β -galactosidase foi determinada por método espectrofotométrico, no comprimento de onda de 420 nm, utilizando como substrato sintético o ortho-nitrophenyl- β -D-galactoside (ONPG) para reação com a enzima. Este método foi aplicado conforme a descrição de Verma et al. (2012), onde a solução contendo a enzima (2 U) foi adicionada ao substrato ONPG (13 mM) preparado em tampão fosfato 0,1 M. As condições padrões de temperatura (37 °C), pH (6,5) e tempo (10 min) foram empregadas nesta etapa. Para interromper a reação de hidrólise foi adicionado 0,5 mL de carbonato de sódio 1 M. Para a determinação da atividade da β -galactosidase imobilizada foram adotados os mesmos procedimentos e condições experimentais utilizadas para a enzima livre. Neste caso, para interromper a reação, a enzima foi removida e a solução coletada foi analisada.

A curva de calibração foi elaborada com o reagente ortho-nitrophenyl (ONP), em diferentes concentrações. Assim, a atividade enzimática foi calculada com base na liberação de diferentes concentrações de ONP. Uma unidade de atividade da enzima β -galactosidase (U) é definida como a quantidade de enzima que hidrolisa o ONPG em 1 μ mol de o-nitrofenol por minuto ($U\ mL^{-1}$), sob as condições empregadas.

2.5 Análise estatística

A análise estatística foi realizada utilizando o *software* Statistica (10.0, Statsoft Inc., Tulsa, EUA), as médias foram comparadas usando análise de variância (ANOVA) e suas diferenças foram analisadas usando o teste de Tukey com nível de significância de 5%.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização da amostra de soro de leite

Os resultados da caracterização físico-química da amostra de soro são apresentados na Tabela 1.

Parâmetro	Soro bovino reconstituído
pH	6,50 ± 0,24
DQO (g L-1)*	76,40 ± 1,37
Proteína (g L-1)	7,02 ± 0,21
Lactose (g L-1)	41,20 ± 0,88
Lipídeos (g L-1)	2,35 ± 0,15
Ca (mg kg-1)	298,35 ± 7,95
P (mg kg-1)	320,98 ± 7,76
K (mg kg-1)	838,73 ± 10,25
Na (mg kg-1)	178,08 ± 1,60

Tabela 1 - Caracterização físico-química do soro bovino reconstituído.

*DQO: demanda química de oxigênio

Os valores para pH, proteína, lactose e sólidos totais estão de acordo com os observados para o soro doce usado por Marx e Kulozik (2018). A DQO também está de acordo a literatura, onde são apresentados valores acima de 60 g L⁻¹ (SMITHERS, 2015). Os resultados obtidos destacam a importância da recuperação e utilização dos nutrientes do soro, principalmente devido ao seu rico conteúdo de proteínas, lactose e minerais. Além de evidenciar a relevância da aplicação de processos que visem à mitigação de seu impacto ambiental.

3.2 Imobilização da β -gal

As esferas de alginato contendo a enzima β -galactosidase foram obtidas com aproximadamente 3 mm de diâmetro e massa de 0,063 ± 0,005 g cada, Figura 2.



Figura 2 - Esferas de alginato contendo a enzima β -galactosidase imobilizada.

A eficiência da imobilização (EI) da enzima nas esferas de alginato, definida como a razão entre a atividade da enzima imobilizada e a atividade da enzima livre, foi de 79,8%. Este resultado evidencia que a estratégia de imobilização adotada no presente trabalho,

que foi de aprisionamento da enzima, se mostrou adequada, visto que a perda da atividade enzimática foi relativamente pequena. No estudo de Verma et al. (2012), a eficiência de 66% foi observada durante a imobilização por ligação covalente da β -gal de *Kluyveromyces lactis* em nanopartículas de sílica.

O rendimento da imobilização (RI), obtido na presente pesquisa, para a enzima β -galactosidase em esferas de alginato de sódio, foi de 85,2%. Este rendimento foi muito semelhante aos máximos valores reportados pela literatura, que foram 87% obtidos por Verma et al. (2012) durante imobilização da β -gal de *Kluyveromyces lactis* em nanopartículas de sílica e, 85% por Husain et al. (2011), na imobilização da β -gal de *Aspergillus oryzae* em nanopartículas de óxido de zinco.

3.3 Efeito do pH e temperatura na atividade enzimática

A Figura 3 (A) mostra o efeito do pH, analisado na faixa de 5,0 a 7,5, sobre a atividade da enzima na forma livre e imobilizada nas esferas de alginato.

A β -gal livre e imobilizada apresentou o mesmo pH ótimo (7,0), sendo que não houve diferença na atividade enzimática entre as enzimas para este valor. Para pH de 6,5 e 7,5, também não foi observada diferença estatística entre a atividade para a enzima livre e imobilizada. Observou-se ainda que quanto menor o pH, menor foi a atividade enzimática para ambas as formas da enzima. No entanto, mesmo nos valores de pH 5,0, 5,5 e 6,0, a enzima imobilizada demonstrou maior atividade em relação à enzima livre. Possivelmente, a imobilização conferiu maior estabilidade à enzima, pois a pH 5,0 a enzima imobilizada teve sua atividade reduzida para 61%, enquanto a enzima livre obteve atividade de apenas 35%.

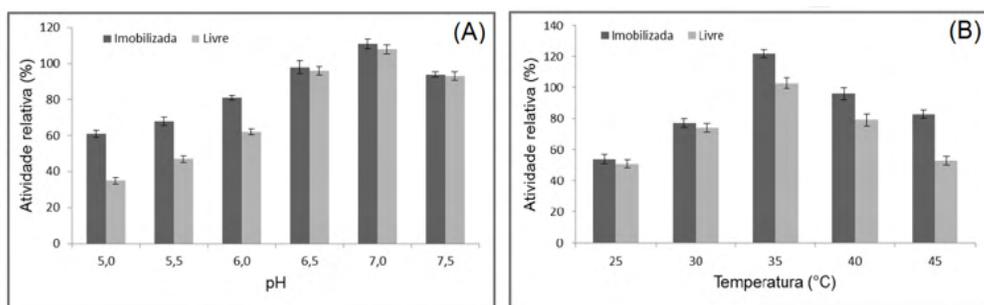


Figura 3 – (A) Efeito do pH na atividade enzimática, a 37 °C; (B) Efeito da temperatura na atividade enzimática, a pH 7,0 e utilizando ONPG como substrato.

O efeito da temperatura do processo de hidrólise sobre a atividade enzimática, está ilustrado na Figura 3 (B). Verificou-se a temperatura ótima de 35 °C para ambas as enzimas. Nesta temperatura, a atividade da enzima imobilizada (122%) foi bastante superior à atividade da condição padrão, que havia sido considerada como 100%, enquanto

a atividade da enzima livre foi de 103%. Também é possível observar que para os menores valores de temperatura, 25 e 30 °C, as atividades não diferem estatisticamente para as enzimas livre e imobilizada no mesmo valor de temperatura. No entanto, a partir de 35 °C a atividade da enzima imobilizada foi significativamente superior à enzima livre, se mantendo consideravelmente elevada. Na temperatura de 45 °C, por exemplo, a enzima imobilizada manteve 83% de atividade, enquanto a enzima livre apenas 46%. Deste modo, assim como ocorreu para o pH, a imobilização não interferiu no valor ótimo da temperatura de hidrólise, mas proporcionou melhora na estabilidade da enzima, resultado da proteção oferecida pelas esferas de alginato.

A termoestabilidade da β -galactosidase imobilizada em comparação com a enzima livre é ilustrada pela Figura 4. Na primeira hora de ensaio experimental a enzima apresentou atividade elevada, acima de 80%, para todas as condições testadas. Porém, após 2 h de reação de hidrólise, a enzima livre já apresentava apenas 50% de atividade a 40 °C, enquanto a enzima imobilizada manteve atividade em 95 e 85%, para os ensaios a 40 e 60 °C, respectivamente. Ao final das 6h de processo, a atividade da enzima imobilizada era de 84 e 69%, para os ensaios a 40 e 60 °C, respectivamente, enquanto a enzima livre retinha somente 20% de atividade.

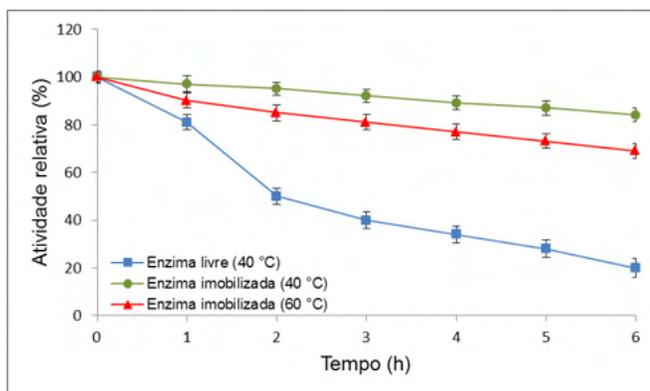


Figura 4 - Estabilidade térmica da enzima β -galactosidase livre e imobilizada.

De acordo com Taqieddin e Amiji (2004), o aumento da estabilidade observada devido à imobilização pode ser atribuído à redução na mobilidade da estrutura proteica da enzima, protegendo-a dos efeitos nocivos do ambiente. Assim, os resultados destes ensaios demonstram que a imobilização proporciona uma importante vantagem, visto que a inativação térmica pode ser um fator limitante para aplicação de enzimas em processos industriais.

3.4 Cinética do processo de hidrólise da lactose

Após definição das melhores condições experimentais com ONPG como substrato, a amostra de soro de leite reconstituído foi empregada no ensaio cinético do processo de hidrólise com a enzima livre e imobilizada, Figura 5.

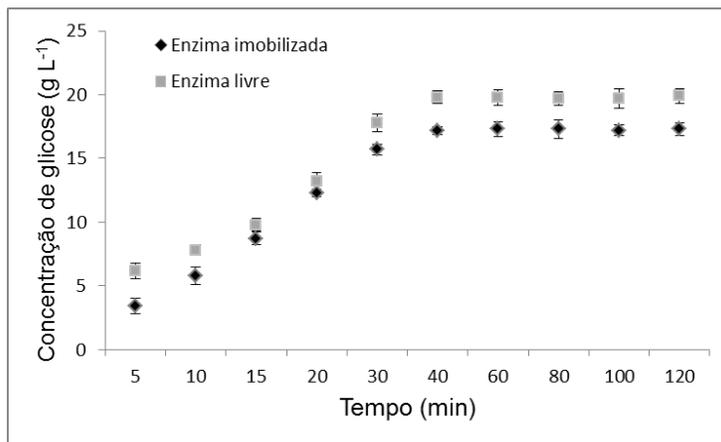


Figura 5 - Cinética da hidrólise da lactose presente no soro bovino reconstituído, a 35 °C, pH 7,0.

Verificou-se comportamento semelhante da conversão de lactose em glicose para ambas as formas de enzima, com estabilização da conversão em torno de 40 min de incubação. Porém, a enzima na forma livre apresentou melhor desempenho, resultando em maior concentração de glicose a partir da lactose hidrolisada. Aos 40 min de processo, a concentração de glicose observada ao utilizar a enzima imobilizada foi de 17,2 g L⁻¹, enquanto que para a enzima livre o valor verificado foi de 19,8 g L⁻¹. Esta concentração está muito próxima à conversão teórica máxima de lactose de 20,6 g L⁻¹, considerando que cada molécula de lactose produz uma molécula de glicose e uma de galactose, e que a concentração inicial de lactose da amostra era de 41,2 g L⁻¹.

Assim, o processo resultou em 96,1 e 83,5% de hidrólise da lactose, utilizando enzima livre e imobilizada, respectivamente. O fato da quantidade de lactose hidrolisada ter sido inferior na enzima imobilizada pode ser atribuído à redução na transferência de massa do processo, consequência do próprio método de imobilização por aprisionamento.

3.5 Estabilidade a reutilização e ao armazenamento

O ensaio de reutilização demonstrou elevada estabilidade operacional da enzima imobilizada, com manutenção de 86,5% da atividade enzimática ao final de 15 ciclos de hidrólise. Este é um resultado que evidencia a vantagem de emprego da enzima imobilizada frente à enzima na forma livre, a qual, por sua vez, não possui possibilidade de reutilização. No estudo de reutilização de Verma et al. (2012), a enzima β -gal imobilizada

em nanopartículas de sílica demonstrou ser estável até 11 ciclos, retendo aproximadamente 51% de sua atividade inicial.

No presente estudo, a estabilidade da enzima livre e imobilizada também foi avaliada com relação ao seu tempo de armazenamento em solução tampão (pH = 4,5), sob refrigeração, durante 90 dias, sendo o resultado mostrado pela Figura 6.

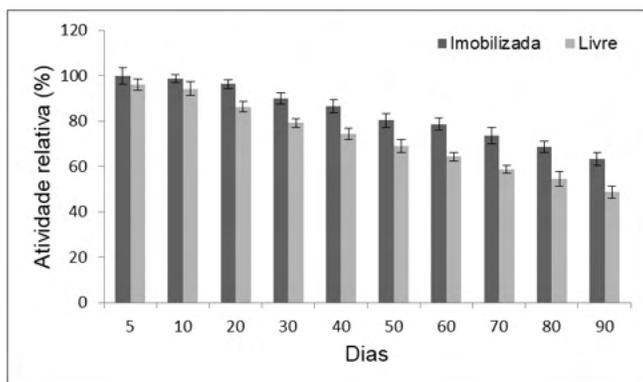


Figura 6 - Estabilidade da enzima β -gal ao armazenamento a 4 °C, pH 4,5, por 90 dias.

Observou-se, para ambas as formas de enzima aplicadas, redução da atividade enzimática ao longo do armazenamento. Porém, a enzima imobilizada apresentou melhor estabilidade ao armazenamento, com manutenção de $63,4 \pm 2,8\%$ da atividade ao fim do período avaliado, enquanto que a forma livre manteve $48,7 \pm 2,7\%$. Conforme Şahin et al. (2005), imobilizações enzimáticas em hidrogéis, como alginato, gelatina e poli(acrilamida), conferem alta estabilidade devido ao microambiente de proteção fornecido pela matriz de gel, minimizando possíveis efeitos do meio aquoso sobre o sítio ativo da enzima imobilizada. Por conta disto, a redução da atividade enzimática ao longo do armazenamento é mais lenta em comparação à enzima livre em solução.

4 | CONCLUSÕES

A imobilização da enzima β -galactosidase (β -gal), de origem do micro-organismo *Kluyveromyces lactis*, foi realizada pelo método de aprisionamento em esferas de alginato. O processo de imobilização proporcionou eficiência de 79,8% e rendimento de 85,2%, valores que demonstram que o método de imobilização utilizado não afetou consideravelmente a atividade enzimática.

Os maiores valores de atividade enzimática foram alcançados a pH 7,0 e temperatura de 35 °C, utilizando ONPG como substrato. Sendo observada melhora na estabilidade da enzima ao ser imobilizada nas esferas de alginato. No estudo cinético, com a amostra de soro bovino reconstituído como substrato, observou-se porcentagem de hidrólise superior

para a enzima livre (96,1%) em relação à enzima imobilizada (83,5%).

A enzima imobilizada apresentou elevada estabilidade operacional, o que possibilita sua reutilização por mais de 10 ciclos sem prejuízos consideráveis da atividade enzimática. Além disso, o processo de imobilização proporcionou aumento na vida útil da enzima, com manutenção de 63,4% de sua atividade após 90 dias de armazenamento.

AGRADECIMENTOS

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo suporte financeiro (Código de Financiamento 001), à Alibra Ingredients, Ltda (Campinas, SP, Brasil) pela doação do soro de leite em pó e à empresa Granotec (Araucária, PR, Brasil) pela doação da enzima.

REFERÊNCIAS

AOAC. (2005). Official Methods of Analysis. **Official Methods of Analysis of AOAC international**, 18th Edition, p. 20877-2417. Arlington, VA, USA.

APHA. (2005). **Standard methods for the examination of water and waste-water**, 12th Edition. American Journal of Public Health and the Nations Health, Washington DC.

BRANDELLI, A.; DAROIT, D. J.; CORRÊA, A. P. F. **Whey as a source of peptides with remarkable biological activities**. Food Research International, v. 73, p. 149-161, 2015.

HUSAIN, Q.; ANSARI, S. A.; ALAM, F.; AZAM, A. **Immobilization of Aspergillus oryzae β galactosidase on zinc oxide nanoparticles via simple adsorption mechanism**. International Journal of Biological Macromolecules, 49, p. 37-43, 2011.

KUMAR, B. V.; VIJAYENDRA, S. V. N.; REDDY, O. V. S. **Trends in dairy and nondairy probiotic products - a review**. Journal of Food Science & Technology, v. 52, p. 6112-6124, 2015.

LOWRY, O. H.; ROSEBROUGH, N. J.; FARR, A. L.; RANDALL, R. J. **Protein Measurement with the folin phenol reagent**. Analytical Biochemistry, v. 193, p. 265-275, 1951.

MARX, M.; KULOZIK, U. **Spore inactivation in differently composed whey concentrates**. International Dairy Journal, v. 76, p. 1-9, 2018.

MILLER, G. L. **Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar**. Analytical Chemistry, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.

NISHANTHI, M.; VASILJEVIC, T.; CHANDRAPALA, J. **Properties of whey proteins obtained from different whey streams**. International Dairy Journal, v. 66, p. 76-83, 2017.

PATEL, A. K.; VAISNAV, N.; MATHUR, A.; GUPTA, R.; TULI, D. K. **Whey waste as potential feedstock for biohydrogen production**. Renewable Energy, v. 98, p. 221-225, 2016.

PRASHANTH, S. J.; MULIMANI, V. H. **Soymilk oligosaccharide hydrolysis by *Aspergillus oryzae* α -galactosidase immobilized in calcium alginate.** Process Biochemistry, v. 40, p. 1199-1205, 2005.

ŞAHİN, F.; DEMIREL, G.; TÜMTÜRK, H. **A novel matrix for the immobilization of acetylcholinesterase.** International Journal of Biological Macromolecules, v. 37, p. 148-153, 2005.

SMITHERS, G. W. **Whey-ing up the options - Yesterday, today and tomorrow.** International Dairy Journal, v. 48, p. 2-14, 2015.

SZYMANSKA, K.; BRYJAK, J.; MROWIEC-BIALON, J.; JARZEBSKI, A. B. **Application and properties of siliceous mesostructured cellular foams as enzymes carriers to obtain sufficient biocatalysts.** Microporous and Mesoporous Materials, v. 99, p. 167-175, 2007.

TAQIEDDIN, E.; AMIJI, M. **Enzyme immobilization in novel alginate-chitosan core-shell microcapsules.** Biomaterials, v. 25, n. 10, p. 1937-1945, 2004.

VASILEVA, N.; IVANOV, Y.; DAMYANOVA, S.; KOSTOVA, I.; GODJEVARGOVA, T. **Hydrolysis of whey lactose by immobilized β -galactosidase in a bioreactor with a spirally wound membrane.** International Journal of Biological Macromolecules, v. 82, p. 339-346, 2016.

VERMA, M. L.; BARROW, C. J.; KENNEDY, J. F.; PURI, M. **Immobilization of β -galactosidase from *Kluyveromyces lactis* on functionalized silicon dioxide nanoparticles: Characterization and lactose hydrolysis.** International Journal of Biological Macromolecules, v. 50, p. 432-437, 2012.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Ácido fólico 2, 4, 5, 6, 7

Aditivos 12, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 125, 126, 127, 177, 200, 208, 213, 265

Alimentação 9, 8, 33, 35, 36, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 49, 50, 51, 52, 59, 63, 86, 98, 119, 121, 127, 161, 191, 193, 198, 200, 223, 226, 294

Atividade Antioxidante 140, 145

B

Biodisponibilidade 2, 3, 10, 33, 39, 259

C

Cacau 35, 36, 37, 39, 40, 42, 48, 50, 52, 56, 130, 131, 137, 230

Cálcio 29, 30, 31, 32, 33, 34, 59, 87, 88, 108, 156, 157, 210, 211, 212, 213, 224, 254, 256, 258, 259, 261, 266, 270

Carotenoides 17, 58, 60, 61, 63, 92, 107, 114, 115, 124, 150, 191

CGMS 152, 153, 155

Clean Label 118, 119, 122, 123, 124, 125, 126, 127

Compostos Fenólicos 36, 50, 72, 108, 129, 130, 131, 137, 139, 140, 141, 144, 145, 149, 150, 191, 211, 220, 224

Compostos voláteis 152, 155, 157, 158, 159, 161, 162

Conservação 15, 43, 69, 72, 86, 97, 102, 103, 118, 122, 126, 152, 165, 171, 172, 208, 250, 251, 252, 258

D

Diabetes Mellitus 3, 10, 13, 35, 36, 40

Doce de frutas 86

E

Edulcorantes 86, 87, 91, 93, 94, 95

Estabilidade da massa 74, 77, 79, 82

Extratos Naturais 118, 119, 122, 124

F

Farinha 11, 12, 31, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 70, 72, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 139, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 153, 180, 192, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228

Físico-Química 11, 13, 59, 65, 71, 90, 95, 106, 116, 152, 154, 164, 171, 189, 206, 226, 227, 228, 249, 275, 276

Flores comestíveis 130, 131

Fortificação de alimentos 42, 46, 55, 57

Fosfatos 118, 123, 126

Frutas Nativas 27, 65, 66, 107, 108, 115

G

Gelatinização 139, 140, 143, 146, 147

H

HPLC 16, 17, 19, 23, 152, 153, 284

HSPME 152, 153, 155

M

Métodos de conservação 152

Microencapsulação 42, 43, 44, 53, 56

Microscopia eletrônica de varredura 139, 140, 142, 146

Minerais 2, 39, 48, 58, 59, 62, 63, 66, 108, 119, 152, 154, 156, 180, 220, 224, 254, 275, 276, 290, 293

N

Nutrientes 11, 13, 2, 3, 10, 17, 36, 42, 43, 44, 45, 46, 49, 52, 54, 95, 119, 190, 194, 196, 220, 225, 251, 268, 276

O

Osso 29, 30

P

PANC 58, 59, 137

Plantas 2, 18, 21, 59, 127, 130, 137, 153, 185, 186

Plantas Alimentícias Não Convencionais 130

Polifenóis 10, 35, 39, 40, 44

Processamento de frutas 97, 186

Produto Diet 35

Produtos cárneos 12, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 126, 127, 149, 212, 213

Produtos lácteos 33, 55, 107, 108, 109, 112, 116, 206, 251, 252, 254, 257, 258, 266, 271

Proteína 15, 29, 30, 32, 40, 60, 62, 80, 120, 125, 144, 156, 190, 192, 193, 211, 225, 248, 261, 273, 275, 276

Proteínas 3, 39, 47, 48, 58, 61, 62, 66, 75, 76, 79, 108, 119, 123, 141, 144, 153, 154, 165, 192, 223, 253, 254, 258, 259, 260, 271, 276, 292

Psidium guajava 20, 56, 97, 98, 106

S

Saúde Humana 1

Sorvete 65, 66, 68, 70, 72, 164, 165, 166, 167, 171, 226

Spray Drying 14, 42, 44, 48, 49, 51, 54, 56, 57, 178

Sucralose 37, 39, 40, 85, 86, 87, 90, 91, 93, 94

T

Tecnologia de Alimentos 1, 29, 34, 35, 40, 63, 64, 72, 83, 95, 106, 117, 118, 127, 137, 171, 195, 206, 208, 214, 250, 293, 294

Textura 39, 48, 50, 68, 70, 74, 78, 81, 82, 95, 98, 104, 120, 121, 123, 165, 166

Theobroma speciosum 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137

Transformação 97, 99, 225, 286

U

Uvaia 11, 13, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171

V

Vida de prateleira 107, 126, 255

Vitamina D 29

X

Xilitol 85, 86, 87, 90, 92, 93, 94

🌐 www.atenaeditora.com.br
✉ contato@atenaeditora.com.br
📷 @atenaeditora
📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

3

ALIMENTOS, NUTRIÇÃO E SAÚDE

🌐 www.atenaeditora.com.br
✉ contato@atenaeditora.com.br
📷 @atenaeditora
📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

3

ALIMENTOS, NUTRIÇÃO E SAÚDE