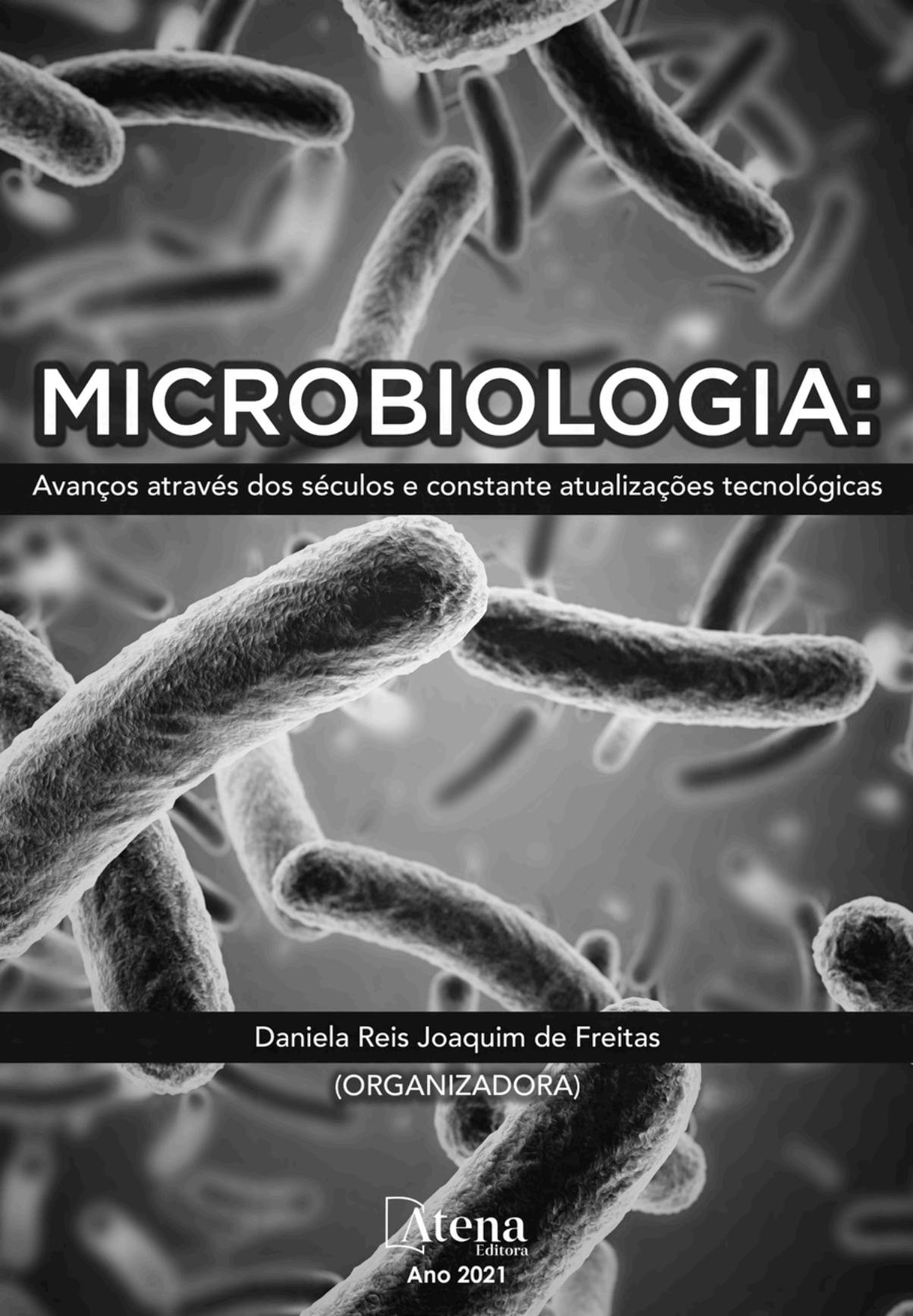


# MICROBIOLOGIA:

Avanços através dos séculos e constante atualizações tecnológicas

Daniela Reis Joaquim de Freitas  
(ORGANIZADORA)

 **Atena**  
Editora  
Ano 2021



# MICROBIOLOGIA:

Avanços através dos séculos e constante atualizações tecnológicas

Daniela Reis Joaquim de Freitas  
(ORGANIZADORA)

  
Ano 2021

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

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 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 Federacão 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

# Microbiologia: avanços através dos séculos e constante atualizações tecnológicas

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Bruno Oliveira  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadora:** Daniela Reis Joaquim de Freitas

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

M626 Microbiologia: avanços através dos séculos e constante atualizações tecnológicas / Organizadora Daniela Reis Joaquim de Freitas. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-633-8

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.338212311>

1. Microbiologia. I. Freitas, Daniela Reis Joaquim de (Organizadora). II. Título.

CDD 579

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

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

[contato@atenaeditora.com.br](mailto: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 Microbiologia é uma das áreas da Ciências Biológicas que mais cresceu nas últimas décadas. Seu emprego na área da indústria alimentícia, farmacêutica, de reciclagem, biotecnológica entre outras tem sido enorme; e a compreensão de quadros patológicos causados por diferentes micro-organismos em humanos, animais e até em plantas tem sido favorecida devido aos avanços tecnológicos na área médica e de diagnóstico laboratorial.

O livro “Microbiologia: Avanços através dos séculos e constantes atualizações tecnológicas” é uma obra atualizada, composta por trabalhos científicos na forma de artigos originais e de revisão, todos relacionados a esta área de conhecimento, que vai desde o cultivo e triagem de micro-organismos a análise da atividade antibacteriana de extratos de plantas, ou atividade de enzimas ou de fermentação de micro-organismos na indústria alimentícia, e até formação de biofilme e atividade antifúngica de diferentes moléculas.

São 9 capítulos nos quais serão discutidos avanços desta área da ciência e serão revistos conceitos importantes dentro da Microbiologia básica, Bacteriologia e Micologia, além de discutir o papel da tecnologia para a obtenção dos resultados encontrados. A discussão destes temas é feita de forma dinâmica e facilitada, com uma linguagem acessível para estudantes e profissionais.

Este livro, assim como todas as publicações da Atena Editora, passou pela revisão de um Comitê de pesquisadores com mestrado e doutorado em programas de pós-graduação renomados no Brasil. O resultado disto é um trabalho de excelente qualidade, atualizado e devidamente revisado por pares que será apresentado a você, nosso leitor.

Boa leitura!

Daniela Reis Joaquim de Freitas

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **ANÁLISE DA ATIVIDADE ANTIBACTERIANA DAS FOLHAS E FLORES DA *Turnera subulata* (FLOR DO GUARUJÁ)**

Maria Lucidalva Ribeiro de Sousa  
Isabela Ribeiro de Albuquerque  
Luana Priscilla Roque Moura  
Bruna Silva da Rocha  
Kelly Cristina da Silva Martins  
Janaína da Costa Nogueira  
Adriana Dantas Gonzaga de Freitas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3382123111>

### **CAPÍTULO 2..... 11**

#### **APLICAÇÃO DE ENZIMAS EM INDÚSTRIAS ALIMENTÍCIAS**

Mylena Sales Palma Passos  
Adeline Cristina Pereira Rocha  
Thiago Machado Pasin  
Vivian Machado Benassi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3382123112>

### **CAPÍTULO 3..... 27**

#### **AVALIAÇÃO *IN VITRO* DO EXTRATO DA CASCA E POLPA DO TUCUMÃ (*Astrocaryum aculeatum*) FRENTE A BACTÉRIAS PATOGÊNICAS**

Maria Lucidalva Ribeiro de Sousa  
Isabela Ribeiro de Albuquerque  
Luana Priscilla Roque Moura  
Bruna Silva da Rocha  
Kelly Cristina da Silva Martins  
Janaína da Costa Nogueira  
Adriana Dantas Gonzaga de Freitas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3382123113>

### **CAPÍTULO 4..... 36**

#### **LIPASES: REVISÃO E APLICAÇÃO INDUSTRIAL**

Rafaela Lopes da Silveira  
Adeline Cristina Pereira Rocha  
Vivian Machado Benassi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3382123114>

### **CAPÍTULO 5..... 50**

#### **AVALIAÇÃO *IN SILICO* DO POTENCIAL ANTIMICROBIANO DO ÓLEO ESSENCIAL FOLIAR DE COLÔNIA (*Alpinia zerumbet*)**

Suelen Carneiro de Medeiros  
Igor Lima Soares  
Gleilton Weyne Passos Sales

Mary Anne Medeiros Bandeira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3382123115>

**CAPÍTULO 6..... 61**

**PRINCIPAIS MICRORGANISMOS ENVOLVIDOS NA FERMENTAÇÃO DE ALIMENTOS**

Taynara Ellen Romero Batistela

Dâmaris Cristine Landgraf

Daniele Cassiano Feliciano

Sara Mataroli de Godoy

Daniele Sartori

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3382123116>

**CAPÍTULO 7..... 68**

**QUALIDADE HIGIÊNICO SANITÁRIA E FÍSICO-QUÍMICA DA CASTANHA-DO-BRASIL E SEUS DERIVADOS COMERCIALIZADOS NA CIDADE DE CHAPECÓ - SC**

Daniela Varnier

Filomena Marafon

Débora Carneiro Leite

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3382123117>

**CAPÍTULO 8..... 80**

**APLICACIÓN DE PCR Y MALDITOF EN LA IDENTIFICACIÓN DE LEVADURAS DEL GÉNERO *CANDIDA***

Alejandra Paula Espinosa Taxis

Débora Vázquez Domínguez

David Iván Loaiza Toscuento

Eulogio Valentín Gómez

Teresita Spezzia Mazzocco

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3382123118>

**CAPÍTULO 9..... 93**

**FORMACIÓN DE BIOPELÍCULAS Y SENSIBILIDAD A ANTIFÚNGICOS DE *Candida albicans*, *Candida tropicalis* Y *Candida glabrata***

Alejandra Paula Espinosa Taxis

Débora Vázquez Domínguez

David Iván Loaiza Toscuento

Teresita Spezzia Mazzocco

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3382123119>

**SOBRE A ORGANIZADORA..... 104**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 105**

# CAPÍTULO 2

## APLICAÇÃO DE ENZIMAS EM INDÚSTRIAS ALIMENTÍCIAS

*Data de aceite: 01/11/2021*

*Data de submissão: 20/09/2021*

### **Mylena Sales Palma Passos**

Universidade Federal dos Vales do  
Jequitinhonha e Mucuri campus JK  
Instituto de Ciência e Tecnologia  
Diamantina – MG  
<http://lattes.cnpq.br/2562870242287823>

### **Adeline Cristina Pereira Rocha**

Universidade Federal dos Vales do  
Jequitinhonha e Mucuri campus JK  
Programa de Pós-Graduação em  
Biocombustíveis  
Diamantina – MG  
<http://lattes.cnpq.br/9312013606004988>

### **Thiago Machado Pasin**

Universidade de São Paulo  
Ribeirão Preto-SP  
<http://lattes.cnpq.br/6971486417398496>

### **Vivian Machado Benassi**

Universidade Federal dos Vales do  
Jequitinhonha e Mucuri campus JK  
Instituto de Ciência e Tecnologia  
Diamantina – MG  
<http://lattes.cnpq.br/8244877867115110>

**RESUMO:** As enzimas são biocatalizadores, que auxiliam as células na realização de reações complexas, atuando na catálise e síntese de produtos em um menor tempo reacional. Elas agem tanto internamente quanto externamente nas células, sendo desnaturadas por variações

do meio de atuação, fatores relevantes para a tecnologia de alimentos. Sua importância dentro da indústria é baseada em sua viabilidade econômica, facilidade de obtenção, especificidade, e estabilidade durante o processamento, uma vez que sua aplicação aumenta a eficiência do processo e reduz custos quando comparadas com a utilização de agentes químicos. O valor economizado durante a produção irá refletir na redução do valor do produto final, o que é muito benéfico para o consumidor. É válido ressaltar que as enzimas também não oferecem risco à saúde, uma vez que são biomoléculas protéicas ou ribozimas, sendo obtidas a partir de diversas fontes: vegetal, animal e microbiana. As enzimas tem desempenhado um papel muito importante na indústria alimentícia, tais como nos setores de panificação, bolos e biscoitos; produtos lácteos; produção de edulcorantes; sucos de frutas e até mesmo queijos com aromas especiais, dentre outras aplicações. Devido à grande importância das enzimas e por agregar diversas vantagens para o setor industrial alimentício, faz-se necessário a realização de um levantamento bibliográfico acerca da aplicação dos biocatalisadores para um melhor entendimento sobre os processos industriais aplicados aos alimentos e o mecanismo de ação de algumas enzimas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Enzimas. Indústria Alimentícia. Processos Industriais.

### APPLICATION OF ENZYMES IN FOOD INDUSTRIES

**ABSTRACT:** Enzymes are biocatalysts that help

cells carry out complex reactions, acting on catalysis and synthesis of products in a shorter reaction time. They act both internally and externally in cells, being denatured by variations in the environment in which they action, relevant factors for food technology. Its importance within the industry is based on its economic feasibility, ease of obtaining, specificity, and stability during the process, since its application increases process efficiency and reduces costs when compared to the use of chemical agents. The value saved during the process will reflect the reduction in the value of the final product, which is very beneficial to the consumer. It is worth emphasizing that enzymes do not pose any health risk either, since they are protein or ribozymes, being obtained from different sources: plant, animal and microbial. Enzymes have played a very important role in the food industry, such as in the bakery, cakes and biscuits sectors; dairy products; production of sweeteners; fruit juices and even cheeses with special aromas, among other applications. Due to the great importance of enzymes and because they add several advantages for the industrial sector, it is necessary to carry out a literature review on the application of biocatalysts for a better understanding of industrial processes and the mechanism of action of some enzymes.

**KEYWORDS:** Enzymes. Food Industry. Industrial Processes.

## 1 | INTRODUÇÃO

Em todas as células vivas ocorrem reações que, considerando a sua complexidade, aconteceriam lentamente à temperatura ambiente. Na prática, essas reações ocorrem com muita rapidez devido ao auxílio de catalisadores biológicos presentes nas células vivas, que estão envolvidos em todos os processos bioquímicos (KIELING, 2002).

Esses catalisadores possuem características que despertam interesse nas indústrias, dentre elas a capacidade de decompor moléculas complexas em unidade menores, auxiliar na obtenção de moléculas específicas, catalisar modificações estruturais dentro de uma molécula e não oferecerem risco à saúde (MALLER, 2008; HARGER, 1982).

Há uma variedade de processos industriais onde podem ser aplicadas, podendo citar indústria alimentícia (panificação, bolos e biscoitos; produtos lácteos; produtos cárneos; cerveja; produção do açúcar; entre outras), têxtil, de biocombustíveis, de cosméticos, farmacêutica e na indústria de produtos voltados para o cuidado da casa.

Levando em consideração a grande importância das enzimas e sua vasta aplicabilidade, o presente trabalho realizou um estudo teórico acerca da atuação de diversas enzimas em distintos processos na indústria de alimentos.

## 2 | ENZIMAS

Há muitos anos, o homem explora involuntariamente as enzimas com o intuito de produzir alimentos ou até mesmo modificá-los, como por exemplo, fermentar uvas e fabricar o vinho, alterar o leite e produzir queijos, fazer pães, cerveja, tudo através da fermentação natural. Após os cientistas desvendarem a atuação das enzimas, estas passaram a ser

empregadas em maior escala nas mais variadas finalidades, não somente na área de alimentos, mas em vários outros setores (MUSSATO; FERNANDES; MILAGRES, 2007).

Através dos estudos acerca da digestão da carne por secreções do estômago, foi que a catálise biológica começou a ser descrita e reconhecida no século XVII. O cientista Von Liebig imaginou que a fermentação resultasse de um processo químico comum, no qual os fermentos eram considerados materiais não vivos (COX; NELSON, 2014).

Em estudos posteriores, os cientistas começaram a analisar a conversão do amido em açúcar pela saliva e a fermentação do açúcar em álcool. Louis Pasteur concluiu, em 1850, que a fermentação é catalisada por fermentos (enzimas) criando o postulado do vitalismo, ou seja, os fermentos não se separam da estrutura das células vivas do levedo. No ano de 1897, Eduard Buchner encerrou o postulado proposto por Pasteur e pode provar que a fermentação era realizada por moléculas que permaneciam ativas independentemente se estavam separadas das células ou não, originando a Enzimologia, o estudo dos agentes químicos responsáveis pela fermentação. Com essa descoberta foi laureado com o Prêmio Nobel de Química em 1907 (VENTURA; FREITAS; FREIRE, 2008; SILVA, 2013).

Frederick W. Kühne empregou, pela primeira vez, o termo enzimas, que do grego significa “na levedura” para descrever esses biocatalisadores. O que ainda intrigava os pesquisadores era a questão de não saberem ao certo sobre a natureza das enzimas, e para responder à essa incógnita, em 1926, James Sumner realizou um experimento com a urease, isolando esse biocatalisador e, em seguida, fazendo a cristalização. Após descobrir que os cristais de urease constituíam-se de proteínas, postulou que enzimas eram proteínas (COX; NELSON, 2014; MALLER, 2008).

O postulado de Sumner permaneceu como algo duvidoso por alguns anos, até que em 1930 John Northrop e Moses Kunitz descobriram que a pepsina, a tripsina e outras enzimas digestivas tratavam-se de proteínas, e aceitaram, então, a conclusão feita por Sumner. J. B. S. Haldane, supondo que as ligações fracas entre as enzimas e seu substrato tinham a possibilidade de serem utilizadas na catálise da reação. Depois disso, várias enzimas foram isoladas, purificadas e classificadas, e descobriram então, no final do século XX, a existência das ribozimas, RNA (ácido ribonucleico) com ação catalítica (COX; NELSON, 2014; MALLER, 2008).

Com tantas descobertas e contribuições desde os anos de 1700, a bioquímica e a biologia conseguiram compreender melhor sobre a estrutura e aplicação das enzimas e se esforçam para entender ainda mais, a nível atômico, como elas funcionam. Hoje em dia, as enzimas são aplicadas em diversas áreas do setor industrial. A demanda para aumentar a estabilidade, atividade e especificidade destas cresce rapidamente, e as pesquisas têm trazido grandes avanços que facilitam o desenvolvimento desses biocatalisadores.

As reações catalisadas por enzimas ocorrem no sítio ativo, ou centro ativo, sendo caracterizado por um bolsão da enzima composto por duas regiões, uma denominada de sítio de ligação, local de reconhecimento específico do substrato, e o sítio de catálise. As

enzimas possuem um alto grau de especificidade, uma dada enzima catalisa uma única reação das várias reações que um único substrato pode oferecer (REIS, 2016).

Esses catalisadores biológicos possuem suas nomenclaturas caracterizadas pela adição do sufixo “ase” ao nome dos seus substratos, a palavra ou frase que descreve sua atividade. Outras enzimas receberam o nome em relação a função ampla que a caracterizava, caso da pepsina, do grego pepsis (digestão), é uma enzima conhecida por atuar na digestão de alimentos (COX; NELSON, 2014).

Atualmente, bioquímicos adotaram um sistema de nomenclatura e classificação de enzimas. Assim, de acordo com a Comissão sobre Enzimas (E. C., do inglês Enzyme Commission) da União Internacional dos Bioquímicos (I.U.B.), as enzimas são divididas em 6 classes, cada uma com subclasses de acordo com os tipos de reações que catalisam. Com isso, elas possuem um nome sistemático e também um número de classificação de quatro dígitos para uma identificação mais precisa. O primeiro indica a reação que é catalisada, o segundo a função envolvida, o terceiro traz mais informações sobre a reação catalisada indicando um substrato ou um grupo receptor, e o quarto é o número de série da enzima em sua subclasse (ADITIVOS E INGREDIENTES, 2007).

A maioria das enzimas sintetizadas nas células são intracelulares, porém existem também as enzimas extracelulares que são aquelas sintetizadas e excretadas para fora da célula viva, podendo ser facilmente encontradas e isoladas para análises no meio de cultivo ou de propagação celular (KIELING, 2002).

Tratando-se da indústria de alimentos, a aplicação da tecnologia enzimática para a redução de custos e melhoria da qualidade já é realidade no mundo inteiro, com grande possibilidade de expansão no Brasil, que dispõe de empresas de setores de ponta na produção alimentícia. Grande parte das enzimas preparadas em escala industrial são extracelulares, pelo fato do seu isolamento ser mais simples, conseqüentemente, menos oneroso (KIELING, 2002).

O uso de subprodutos agrícolas como farelo de algodão, casca da soja, soro do leite e farelo de trigo como fonte indutora da síntese de enzimas a partir de microrganismos possibilita a redução do custo de produção desses biocatalisadores no país, e tende a aumentar a utilização dos mesmos de forma geral, mas de maneira particular, nos processos industriais (MUSSATTO; FERNANDES; MILAGRES, 2007).

Nas aplicações industriais, as enzimas ideais precisam ser tolerantes a diversos fatores físico-químicos como pH, temperatura, íons metálicos, e apresentarem alta eficiência catalítica, e baixo custo de produção. O entendimento destas propriedades das enzimas é importante para otimizar e reduzir os custos do processo (KIELING, 2002).

Devido a dependência da conformação das proteínas, em parte, de suas cargas elétricas, haverá um pH no qual a conformação será a mais adequada para a atividade catalítica, sendo denominada de conformação nativa, cuja variação pode levar à desnaturação enzimática, perda da conformação tridimensional e retorno à estrutura

primária (KIELING, 2002).

O aumento da temperatura influi na atividade enzimática acelerando as reações catalíticas, entretanto, a partir de determinada temperatura as proteínas começam a se desnaturar devido ao calor excessivo e rompimentos das interações fracas que mantem a estrutura tridimensional da proteína. Todas as enzimas possuem uma faixa de temperatura onde observa-se um valor ótimo de atividade, acima da qual começa a diminuir até anular-se devido a desnaturação térmica (KIELING, 2002).

O mercado global de enzimas é movido pelo aumento da aplicabilidade das mesmas devido à necessidade das indústrias que precisam produzir produtos com normas ambientais rigorosas, coibindo o uso de produtos químicos. Esse mercado foi avaliado em US\$ 4,94 bilhões em 2015, com uma proposta de crescimento para 2021 ao ponto de atingir o valor de US\$ 6,99 bilhões (GLOBAL INDUSTRIAL ENZYMES, 2015).

As enzimas estão sendo bastante utilizadas em produtos farmacêuticos, biocombustíveis, alimentos processados, têxteis, processamento de papel, entre outros. Há duas classificações gerais do mercado global de enzimas industriais, sendo elas por aplicação e tipo. Por aplicação temos exemplos da utilização em laticínios, na produção de cervejas, produtos de limpeza como detergentes, cosméticos e até mesmo ração animal. A classificação por tipo de enzima engloba as amilases, lipases, celulases, proteases, xilanases e várias outras (GLOBAL INDUSTRIAL ENZYMES, 2015).

Dentre as principais aplicações das enzimas no ramo alimentício, de uma forma geral, podemos citar os setores de amidos e açúcares; álcool e derivados; óleos e gorduras; panificação e biscoitaria; cervejaria; laticínios e derivados; suco de frutas (ADITIVOS E INGREDIENTES, 2007).

Na Tabela 1 podem ser observados alguns exemplos de enzimas utilizadas na fabricação de alimentos.

Enzimas	Fonte	Ação nos alimentos	Aplicação nos alimentos
Amiloglucosidase	<i>Aspergillus niger</i> <i>Rhizopus sp.</i>	Hidrólise de dextrina do amido em glicose.	Uma das fases da frutose para a produção de xarope de milho, produção de cervejas com maior vida útil.
Aminopeptidase	<i>Lactococcus lactis</i> <i>Aspergillus niger</i> <i>Rhizopus oryzae</i>	Libera aminoácidos livres a partir da extremidade N-terminal.	Proteína de amargor de hidrolisados, acelera a maturação do queijo.
Bromelina	Fruta e caule do abacaxi	Hidrólise de proteínas.	Tenderização de carne muscular e do tecido conjuntivo.
Catalase	<i>Aspergillus niger</i> <i>Micrococcus luteus</i>	Decompõe o peróxido de hidrogênio em água e oxigênio.	Tecnologia de remoção de oxigênio, combinado com oxidase de glicose.
Celulase	<i>Aspergillus niger</i> <i>Trichoderma sp.</i>	Hidrólise da celulose.	Liquefação de frutas para a produção de sucos.
Ciclodextrina glicosiltransferase	<i>Bacillus sp.</i>	Sintetiza ciclodextrina a partir do amido liquefeito.	Ciclodextrinas são alimentos encapsulados e vitaminas.

Glicose isomerase	<i>Actinoplanes missouriensis</i> <i>Bacillus coagulans</i> <i>Streptomyces lividans</i>	Converte glicose em frutose.	Produção de xarope de milho com alto teor de frutose utilizado para adoçar bebidas.
Glicose oxidase	<i>Aspergillus niger</i> <i>Penicillium chrysogenum</i>	Oxida glicose em ácido glucônico.	Remoção de oxigênio de embalagens de alimentos, remoção da glicose a partir da clara de ovo para evitar o escurecimento.
Hemicelulases	<i>Aspergillus sp.</i> <i>Bacillus subtilis</i> <i>Trichoderma reesei</i>	Hidrólise da hemicelulose.	Melhoria da estrutura do miolo do pão.
Lipase	Esôfago de caprinos e ovinos, abomaso de bezerro, pâncreas de suínos	Hidrólise de triglicerídeos.	Realça o sabor em queijos, modificação da gordura por interesterificação.
Lipase/esterase	<i>Aspergillus sp.</i> <i>Candida sp.</i> <i>Rhizomucor miehei</i> <i>Penicillium roqueforti</i>	Hidrólise de triglicerídeos em ácidos graxos e glicerol. Hidrólise de ésteres de alquila em ácidos graxos e álcool.	Realça o sabor em queijos, modificação da função de gorduras por interesterificação, síntese de ésteres de aromas.
Lisozima	Ovo de galinha	Hidrólise de polissacarídeos da parede celular bacteriana.	Prevenção de defeitos de sopro final em queijos por bactérias formadoras de esporos.
Papaína	<i>Látex dos frutos verdes de papaia</i>	Hidrólise de proteínas em alimentos e bebidas.	Tenderização de carnes, prevenção de névoa na cerveja.
Pepsina	Abomaso de bovinos	Hidrólise da kappa-caseína e da caseína geral de queijos.	Usualmente presente com quimosina como parte do coalho.
Poligalacturonase	<i>Aspergillus sp.</i> <i>Penicillium funiculosum</i>	Hidrólise da pectina.	Clarificação de sucos de frutas.
Protease	<i>Aspergillus sp.</i> <i>Penicillium citrinum</i> <i>Rhizopus niveus</i> <i>Bacillus sp.</i>	Hidrólise da kappa-caseína. Hidrólise de proteínas alimentícias animais e vegetais. Hidrólise do glúten do trigo.	Coagulação do leite para a fabricação de queijos, produção de hidrolisados para sopas e alimentos salgados, melhorar a massa do pão.
Quimosina	Abomaso de bezerro	Hidrólise da kappa-caseína.	Coagulação do leite para a fabricação de queijos.
Tripsina	Bovina e suína	Hidrólise da proteína dos alimentos.	Produção de hidrolisados de aromas alimentícios.
$\alpha$ -amilase	<i>Aspergillus sp.</i> <i>Bacillus sp.</i>	Hidrólise do amido do trigo.	Amolecimento da massa, aumento do volume do pão, auxilia na produção de açúcares para a fermentação.
$\beta$ -amilase	Batata doce	Hidrólise do amido em maltose.	Produção de xaropes com alto teor de maltose.
$\beta$ -galactosidase	<i>Aspergillus sp.</i>	Hidrólise da lactose do leite em glicose e galactose.	Adoçantes de leite e soro, produtos para pessoas com intolerância a lactose, redução da cristalização em sorvetes que contêm soro de leite, melhora a funcionalidade da proteína concentrada de soro, fabricação de lactulose.
$\beta$ -glucanase	<i>Aspergillus sp.</i> <i>Bacillus subtilis</i>	Hidrólise de $\beta$ -glucanas.	Auxiliares de filtração, prevenção de névoa na produção de cervejas.

Tabela 1: Enzimas utilizadas na fabricação de alimentos.

Fonte: (ADITIVOS E INGREDIENTES, 2007).

## 3 I APLICAÇÃO INDUSTRIAL DAS ENZIMAS

### 3.1 Panificação

A indústria de panificação é bastante diversificada e de acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Panificação (ABIP), cerca de 98% dos brasileiros consomem alimentos provenientes da mesma, sendo 86% produtos artesanais e destes, 52% equivalem ao consumo de pão francês (NITZKE; BIEDRZYCKI, 2004).

Devido ao alto consumo e o valor acessível, o segmento dos pães é uma ótima opção para a inserção de micronutrientes e fibras. Atualmente, existem legislações que obrigam que farinhas de trigo sejam enriquecidas, com ferro e ácido fólico, por exemplo, justamente para suprir a necessidade de tais nutrientes essenciais ao nosso organismo, em especial da população mais vulnerável e carente.

Neste segmento industrial, há problemas como o endurecimento de pães, perda de sabor e da firmeza (pão murcho), casca menos crocante, entre outros, sendo essas modificações decorrentes do armazenamento, e que podem ser retardadas com complementação com aditivos durante a produção. Visando um alimento mais natural e aceitável pelos consumidores, enzimas que atuam sobre o amido têm sido sugeridas como agentes antienvelhecimento (BENASSI, 2009).

Com o intuito de aprimorar a produção e melhorar a qualidade do produto final, utiliza-se enzimas amilolíticas, uma vez que elas atuam sobre as moléculas do amido influenciando de maneira positiva na maciez, volume, cor, sabor e textura do alimento, aumentando também a vida de prateleira (GUPTA et al., 2003).

As  $\alpha$ -amilases, amilases maltogênicas,  $\beta$ -amilases e amiloglicosidades são exemplos de enzimas utilizadas na fabricação do pão juntamente aos outros componentes aumentando a velocidade de degradação da fonte de carbono e liberando o açúcar imediatamente assimilado à levedura, melhorando as características desejáveis (GUPTA et al., 2003; BENASSI, 2009).

Ao moer a matéria prima, os grânulos de amido podem sofrer alguns danos que interferem na absorção da massa e qualidade do pão. A atuação das amilases sobre o amido danificado ou gelatinizado evitam a produção de um miolo gosmento, retardando o envelhecimento precoce do pão, auxiliando na formação de uma crosta crocante, assegurando a quantidade suficiente de açúcares fermentescíveis presentes na massa, aumentando o poder fermentativo e, conseqüentemente, o volume dos pães.

A maciez e umidade do miolo, por sua vez, é resultado da aplicação de  $\alpha$ -amilase maltogênica, que irá produzir maltodexinas que bloqueiam a interação entre o amido e o glúten, gerando um efeito anti-*staling*. Além disso, a produção de açúcares redutores favorecem a Reação de Maillard, o que contribui para uma melhor coloração da crosta e sabor do produto de forma a atrair mais o consumidor (NITZKE; BIEDRZYCKI, 2004).

A evolução das técnicas relacionadas à biotecnologia, como o uso de enzimas,

irão ajudar na redução dos custos de produção, estimulando ainda mais o consumo das mesmas pelas indústrias (POLITZER; BOM, 2006).

## 3.2 Clarificação de sucos de frutas

O Brasil é um dos maiores produtores de laranja (FAO, 2003), com isso, a produção de suco de laranja atinge uma relevância de grande impacto comercial, em escala mundial, seja ele concentrado, pasteurizado ou fresco.

Quando a indústria alimentícia começou a produzir sucos de frutas, em meados da década de 1930, a produção era baixa e encontrava muitas dificuldades para filtrar o suco e obter uma clarificação desejável. Desde então, são realizadas pesquisas que utilizam enzimas para o aprimoramento do processamento e clarificação dos sucos.

Pectinases derivadas de microrganismos, em especial o fungo *Aspergillus niger*, são utilizadas em escala industrial e possui especificidades como faixas de pH e temperatura ideais para seu melhor desempenho. O pH ideal das pectinases secretadas por fungos é próximo ao pH de muitos sucos de frutas, o que favorece sua aplicação (UENOJO; PASTORE, 2007).

A indústria de alimentos e bebidas é o segmento que mais utiliza as pectinases como fonte biotecnológica, em especial no mercado de sucos. Essas enzimas equivalem a aproximadamente 10% da produção total de enzimas no mundo (MUKESH et al., 2012).

A pectina está presente nas frutas, principalmente nas cítricas, sendo utilizada como agente gelificante na indústria de alimentos para a produção de geleias, porém é um agente indesejável quando se trata da produção de sucos. (NAZZARO et al., 2012).

Como exemplos de frutas que possuem uma concentração significativa de pectina temos o maracujá (15-40g/100g de matéria úmida), a laranja (4-30g/100g de matéria úmida), a maçã (0,5-1,5g/100g de matéria úmida), a uva (0,2-1g/100g de matéria úmida), o morango (0,7g/100g de matéria úmida) e o caqui (0,6g/100g de matéria úmida) (THAKUR et al., 1997; UHLIG, 1998; KAUR et al., 2004).

O processo de extração dos sucos inicia-se com a prensagem das frutas, o que resulta em um aumento das partículas em suspensão. A presença das substâncias pécticas nos sucos de frutas aumenta consideravelmente a viscosidade dos mesmos, aumentando a concentração e dificultando o processo de filtração durante a sua produção. A adição das pectinases irá facilitar tal processamento, visto que ela irá degradar a pectina e outros compostos de alto peso molecular, resultando na diminuição da viscosidade, aumento do rendimento, redução de até 50% do tempo de filtração e dando uma aparência cristalina ao produto final (UENOJO; PASTORE, 2007).

A reação que acontece para que haja uma diminuição rápida e acentuada da viscosidade da solução é a clivagem do polímero e liberação de oligossacarídeos. Com apenas 3% de quebra das ligações glicosídicas é possível reduzir em até 50% a viscosidade dos sucos de frutas (SANTI et al., 2014).

A utilização de pectinases associadas a outras enzimas, tais como as celulases e hemicelulases, são denominadas de enzimas de maceração, atuando no aumento do rendimento da extração de suco e melhora no processamento da matéria prima sem aumento de custos de produção (SANTI et al., 2014). Essas enzimas agem de forma combinada podendo ser aplicadas para macerar a polpa até a liquefação quase completa das frutas ou dos vegetais facilitando a extração de alguns compostos como a cor (UENOJO; PASTORE, 2007).

A produção de sucos à base de frutas e vegetais produz grande quantidade de resíduos agroindustriais, biomassa rica em pectina que pode ser empregada como substratos indutores para a produção de pectinases. Dessa forma, o custo de produção dessas enzimas é reduzido e, de certa forma, o processo pode se realimentado (KAUR et al., 2004).

Nesse caso, o Brasil não só atua como grande consumidor de tais enzimas, mas também ocupa uma posição estratégica como potencial e promissor produtor. Devido a atual importância comercial, bem como a diversidade de aplicação e potencial biotecnológico revelado por novas pesquisas, as pectinases se consolidam cada vez mais como uma das enzimas de maior relevância industrial nos mercados nacional e internacional (SANTI et al., 2014).

### 3.3 Formação de xiloligossacarídeos

Na atualidade há uma grande preocupação da população em consumir produtos que sejam benéficos à saúde com o intuito de melhorar a qualidade de vida. Com isso a demanda por alimentos saudáveis e de caloria controlada tem aumentado consideravelmente (MENEZES, 2008; CUNHA, 2016).

Inúmeros compostos alternativos tem surgido para suprir a necessidade do mercado inovador, destes, pode-se destacar os xilooligossacarídeos (XOS), que apresentam grande importância devido às suas atividades funcionais. Os XOS são definidos como açúcares não convencionais, não calóricos e não metabolizados, formados por duas a seis unidades de xilose unidos entre si por ligações  $\beta$ -1,4-xilosídicas proveniente da hidrólise da hemicelulose, abundante nas paredes celulares de grãos (KUMAR, SATYANARAYANA, 2011; SAMANTA et al., 2015).

Os XOS além de serem benéficos à saúde possuem a vantagem de serem obtidos através de fontes altamente disponíveis e de baixo custo, como os resíduos agroindustriais, uma das maiores fontes de biomassa do mundo. A geração de resíduo lignocelulósico (como bagaço de cana, palha de milho), equivale a 40 milhões de toneladas por ano, uma quantidade significativa que gera prejuízos tanto para o meio ambiente quanto para as atividades agroindustriais (CANO & PALET, 2007).

O mercado busca novas tecnologias aliadas ao baixo custo e alta produtividade do processo. Ultimamente, o potencial biotecnológico da xilana vem sendo destacado pelos

pesquisadores e a aplicação dessas enzimas têm crescido bastante na indústria alimentícia (LARA, 2013).

A xilanase atua no processo de hidrólise da xilana que é convertida em xilose ou xilooligossacarídeo, um método enzimático muito vantajoso pois não gera subprodutos indesejáveis e não necessita de equipamentos complexos (YANG et al., 2011; SAMANTA et al., 2015). Há então o desenvolvimento de bioprocessos econômicos usando enzimas xilanólíticas para produção de XOS. Diversos microrganismos chamados de produtores de xilanases são aplicados no desenvolvimento de novos processos (MEYER et al., 2015).

Os XOS são utilizados, principalmente como, prebióticos, edulcorantes ou aditivos em alimentos (LACHKE, 2006), caracterizando-se como prebióticos por promoverem seletivamente o crescimento de probióticos como os *Lactobacillus* sp. e *Bifidobacterium bifidum* no trato digestivo (GIBSON, 2004), agregando efeitos benéficos à saúde humana, tais como a redução da constipação intestinal, promoção da digestão e absorção de nutrientes como o cálcio, prevenção de infecções gastrintestinais, inibição do crescimento de microrganismos patogênicos, diminuição dos níveis séricos de colesterol total e de lipídeos (MENEZES, 2008; YANG et al., 2011).

A D-xilose, um monômero obtido a partir da hidrólise completa da xilana, é usada por microrganismos para produzir o xilitol, aplicado na indústria de alimentos como adoçante natural, utilizado para substituir o açúcar na alimentação dos diabéticos (PARAJÓ et al., 1998, Yang et al., 2005).

Nos últimos anos, devido ao aumento do custo de matérias-primas tradicionais e a busca por outros ingredientes alternativos, a indústria tem recorrido ao uso das xilanases em alimentos, em decorrência das suas potenciais aplicações em vários processos industriais.

### 3.4 Produtos zero lactose

A lactose é um carboidrato presente no leite produzido por mamíferos e nosso organismo fabrica uma enzima que degrada este açúcar denominada de  $\beta$ -galactosidase, popularmente conhecida como lactase.

Uma falha na produção endógena da enzima  $\beta$ -galactosidase por alguns indivíduos, afetada por fatores genéticos, pode gerar dificuldades na degradação da lactose, doença conhecida como intolerância à lactose, sendo que em alguns casos os indivíduos acabam perdendo a capacidade de digerir a lactose, causando desconforto intestinal, flatulência, cólicas, diarreia entre outros. Sabe-se que na atualidade, aproximadamente 70% da população mundial apresenta algum nível de dificuldade na digestão de lactose (MONTANHINI, 2020).

Devido a essa deficiência e a demanda de pessoas intolerantes que desejam consumir produtos que contenham lactose, a indústria de alimentos busca alternativas como a adição da enzima lactase para oferecer a eles produtos com teor reduzido de lactose ou zero lactose. Esta tecnologia é embasada na capacidade da enzima lactase

hidrolisar o dissacarídeo visto que esta ação não ocorrerá nesse grupo específico de consumidores (GODOY, 2016).

O leite *in natura* contém, em média, um teor de 4,7% de lactose, podendo reduzir para 0,1% com a adição da  $\beta$ -galactosidase. Considera-se um produto isento de lactose aquele que apresentar a quantidade inferior a 100 mg de lactose por 100 g ou 100 mL. A RDC (Resolução da Diretoria Colegiada) 135 e 136 determina que o alimento que contém a quantidade acima de 0,1% de lactose precisa deixar evidente em seu rótulo a expressão “contém lactose” (ANVISA, 2017; MONTANHINI, 2020).

Leite em pó, iogurtes, bebidas lácteas, creme de leite, leite condensado, doce de leite e queijos frescos e requeijão são exemplos de produtos que já são produzidos com a tecnologia zero lactose.

A hidrólise enzimática, catalisada pela lactase, quebra o carboidrato em dois monossacarídeos, a glicose e a galactose que são facilmente absorvidos pelo organismo. O grau de hidrólise depende da dosagem da enzima e as condições de processamento (MONTANHINI, 2020).

A obtenção da enzima de fontes como os microrganismos é uma tendência, e tal procedência irá interferir diretamente nas suas propriedades, como temperatura e pH ideal, atividade enzimática e massa molecular. As lactases obtidas de fungos filamentosos, como *Aspergillus niger*, despertam muito interesse na indústria, uma vez que eles apresentam boa atividade em altas temperatura e em pH baixo (GODOY, 2016).

De acordo com Montanhini (2020), o emprego de lactase para a hidrólise da lactose em produtos alimentícios vem crescendo, e é um método que não se limita ao mercado de produtos zero lactose. A enzima auxilia também evitando a cristalização de doces de leite, sorvetes e leite condensado; assim como a glicose e galactose formados pela hidrólise da lactose aumenta o poder edulcorante dos produtos, pois os monossacarídeos possuem um índice de dulçor superior ao da lactose; e ajudam na redução calórica a partir da diminuição de açúcares adicionados.

### 3.5 Queijos enzimaticamente modificados

O aroma é um dos principais aditivos aplicado na indústria alimentícia e tradicionalmente sua obtenção é realizada através de óleos essenciais de plantas ou através da síntese orgânica, sendo que esta última produz aromas nomeados como artificiais e, atualmente, são utilizados quando não há uma fonte natural para a síntese (OLIVEIRA, 2010).

Recentemente, a busca por um estilo de vida saudável tem aumentado bastante, fazendo com que as pessoas busquem consumir alimentos, ingredientes, aditivos naturais e que de preferência agreguem valor à saúde. Com isso, novos estudos sobre a biotecnologia de fungos e a tecnologia enzimática proporcionaram um aumento significativo na aplicação destes para a obtenção de aromas naturais (CHIAPPINI, 2008).

As lipases são responsáveis, na indústria de alimentos, pela formação de propriedades desejáveis, como o sabor característico de alguns queijos maturados do tipo Roquefort, Camembert, e vários queijos italianos. Esta aplicação tem relação com a atividade de hidrólise, sendo que a posição, o tamanho da cadeia e o grau de insaturação dos ácidos graxos liberados influenciam nas propriedades físicas e no valor sensorial de um triglicerídeo (JAEGER; REETZ, 1998).

Não há diferença química entre aromas sintetizados naturalmente ou os mesmos compostos orgânicos sintéticos. No entanto, a ideia de que qualquer substância natural nos traz benefícios e que as sintéticas são nocivas ainda é comum entre os consumidores. Esse foi um dos fatores relevantes para a aplicação das enzimas com função de intensificar o aroma do queijo, sendo esta uma alternativa promissora (OLIVEIRA, 2010).

Uma vez que as enzimas são capazes de modificar um substrato levando à síntese de aromas, por isso são consideradas catalisadores excelentes no preparo de enantiômeros puros em aromas e fragrâncias, ao passo que os métodos químicos normalmente tendem a formar misturas de isômeros (FRANSSEN et al., 2005).

A fermentação é um processo de grande importância para a produção de queijos com o benefício de fornecer uma diversidade de aroma ao produto. O aroma é resultado da atividade enzimática residual, essencial para o desenvolvimento do mesmo em queijos maturados (REINECCIUS, 2006).

A formulação do aroma de queijos inclui compostos como álcoois, aldeídos, ésteres, ácidos orgânicos de cadeias médias e curtas, metilcetonas, lactonas, compostos fenólicos e compostos sulfurados. Os compostos envolvidos no aroma e no sabor de vários queijos são derivados de três grandes vias metabólicas: o catabolismo de proteínas, de lactose e de lipídios (MOLIMARD; SPINLER, 1996).

A formação de ácidos graxos principalmente de cadeia curta provenientes da hidrólise da gordura do leite, ocasionada pelas lipases, são os componentes chaves na formação de aroma de queijo (McSWEENEY; SOUSA, 2000).

Para a produção de queijo enzimaticamente modificado é necessária a escolha de enzimas apropriadas e sua aplicação sob condições ótimas de temperatura. A maioria das lipases microbianas apresentam especificidade pela posição 1 ou 3 do triglicerídeo, onde os ácidos de cadeia curta são encontrados. O perfil ou a intensidade do aroma é proporcional ao grau de lipólise e liberação de ácidos de baixa massa molecular (OLIVEIRA, 2010).

O queijo modificado por ação das enzimas geralmente é feito a partir de pasta de queijos da mesma qualidade que se deseja obter. Essa pasta contendo a enzima passa pelo processo de incubação, sendo que o binômio tempo e temperatura de incubação vão influenciar na ação da enzima e devem ser cuidadosamente controlados. Ao final desse processo, a enzima precisa ser inativada para parar a reação e garantir a estabilidade do aroma (KILCAWLEY, 1998).

A utilização de queijo enzimaticamente modificado pode acarretar em uma economia

nos custos de matéria-prima, na formulação de alguns produtos, chegando a atingir uma porcentagem econômica superior a 50% da quantidade de queijo natural, isso com a substituição por uma pequena quantidade do queijo natural pelo queijo enzimaticamente modificado (KILCAWLEY, 1998).

## 4 | CONCLUSÃO

A alta aplicabilidade das enzimas permite utilizá-las em diversos processos industriais alimentícios. Através do controle das enzimas pode-se interferir desde a matéria-prima, a colheita, o armazenamento e no processamento de diversos produtos. Estima-se o desenvolvimento no mercado global das enzimas industriais e a inovação de novos produtos para serem explorados e oferecer melhoria e oportunidades para o surgimento de produtos com alta qualidade.

A importância das enzimas no processamento dos alimentos se dá pela representatividade econômica da mesma, visto que sua aplicação aumenta a eficiência do processo e reduz custos quando comparadas com a utilização de catalisadores químicos. O valor economizado durante o processo irá refletir na redução do valor do produto final, o que é muito benéfico para o consumidor, além da melhoria das qualidades do produto final.

Muitos estudos têm sido feitos com o intuito de compreender o isolamento, seleção, produção, caracterização e aplicações das enzimas, não somente em processamento de alimentos, mas também para outras aplicações industriais. A importância biotecnológica de microrganismos e de suas enzimas desperta bastante interesse nos pesquisadores e empreendedores de modo geral.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), CAPES, FAPEMIG, CNPq.

## REFERÊNCIAS

ADITIVOS E INGREDIENTES. **Função e Aplicação das Enzimas na Indústria Alimentícia**, p. 39-50. 2007.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução da Diretoria Colegiada- RDC Nº 135 e 136, de 08 de fev. de 2017**. Disponível em:< <https://ovigilantesanitario.files.wordpress.com/2017/02/rdc-135-e-136-lactose.pdf> > Acessado em: 15 de set. 2021.

CANO, A.; PALET, C. **Xylooligosaccharide recovery from agricultural biomass waste treatment with enzymatic polymeric membranes and characterization of products with MALDI-TOF-MS**. Journal of Membrane Science, v.291, p.96-105, 2007.

CHIAPPINI, C. C. de J. **Aromas naturais produzidos por microrganismos**. Food Ingredients Brazil, São Paulo, v. 10, 2008. P. 22. 2008.

COX, M. M; NELSON, D. L. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. 6. ed. Dados eletrônicos. Editora Artmed. p. 189, 2014.

CUNHA, L. L. **Purificação e Caracterização Bioquímica e Biofísica de uma Xilanase de Aspergillus Foetidus**. 2016. Dissertação de Mestrado. Ciências Farmacêuticas - Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. 2003. **Medium-term prospects for agricultural commodities: projections to the year 2010**. Disponível em <<http://www.fao.org/docrep/006/y5143e/y5143e12.htm>> Acesso em: 14 de maio de 2021.

FRANSSSEN, M. C. R.; ALESSANDRINI, L.; TERRANEO, G. **Biocatalytic production of flavors and fragrances**. Pure and Applied Chemistry, v. 77, n. 1, p. 273-279, 2005.

GIBSON, G. R. **Prebiotics**. Best Pract Res Clin Gast, v. 18, p.287-298, 2004.

GLOBAL INDUSTRIAL ENZYMES. **Global Industrial Enzymes Market (2016-2021)**. Mordor Intelligence. 2015.

GODOY, G. G. **Estudo da Produção de Lactase por Fungos Filamentosos**. Trabalho de Conclusão de Curso- Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo, Lorena-SP. 2016.

GUPTA, R.; GIGRAS, P.; MOHAPATRA, H.; GOSWAMI, V.K. & CHAUHAN, B. **Microbiol  $\alpha$ -amylases: a biotechnological perspective**. Process Biochem. 38: 1599-1616, 2003.

JAEGER, K. E.; REETZ, M. **Microbial lipases form versatile tools for biotechnology**. Trends in Biotechnology, v. 16, p. 396-403. 1998.

KAUR, G.; KUMAR, S.; SATYANARAYANA, T. **Production, characterization and application of a thermostable polygalacturonase of a thermophilic mould Sporotrichum thermophile Apinis**. Bioresource Technology, v. 94, p. 239-243, 2004.

KIELING, D. D. **Enzimas, aspectos gerais**. Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

KILCAWLEY; K. N., 1998. In: REINECCIUS, G. **Flavor chemistry and technology**. Flavoring Materials Made by Processing – Enzyme-Modified Cheese (EMC). 2nd ed. Florida: Taylor & Francis Group, 2006. p. 279-282. 1998.

KUMAR, V.; SATYANARAYANA, T. **Applicability of thermo-alkali-stable and cellulase-free xylanase from a novel thermo-halo-alkaliphilic Bacillus halodurans in producing xylooligosaccharides**. Biotechnology letters, v. 33, n. 11, p. 2279-2285, 2011.

LACHKE, A. **Xylitol: a sweetener with special qualities**. Resonance. v.11, p. 90-92, 2006.

LARA, C. A. **Xilanases de leveduras e fungos leveduriformes e sua aplicação em processos de produção de bioetanol lignocelulósico e panificação.** Tese de Doutorado. Escola de Farmácia Departamento de Alimentos - Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, MG. 2013.

MALLER, A. **Produção, Purificação e Caracterização do Complexo Pectinolítico do Fungo *Aspergillus niveus*.** 2008. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2008.

McSWEENEY, P. L. H.; SOUSA, M. J. **Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheeses during ripening: A review.** Le Lait, v. 80, p. 293-324, 2000.

MENEZES, C. R.; DURRANTLL, L. R. **Xilooligossacarídeos: produção, aplicações e efeitos na saúde humana.** Revisão Bibliográfica, v.38, n.2, p.587-592. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Campinas, SP. 2008.

MEYER, T. et al. **Biotechnological Production of Oligosaccharides—Applications in the Food Industry.** In: EISSA, P. A. A. (Ed.). Agricultural and Biological Sciences - Food Production and Industry. Food Production and Industry, 2015.

MONTANHINI, M. T. M. **Utilização de Lactase na Indústria de Laticínios.** LC Bolonha Ingredientes. 2020. Disponível em:< <https://www.lcbolonha.com.br/2017/11/01/lactase-na-industria-de-laticinios/>> Acesso em 03 de jun de 2021.

MOLIMARD; SPINNLER, 1996

MUSSATO, S. I.; FERNANDES, M.; MILAGRES, A. M. F. **Enzimas, uma ferramenta poderosa na indústria.** Departamento de Biotecnologia, Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo. Ciência Hoje, v. 41, p. 28-33, 2007.

MUKESH, K. D. J. et al. **Production and Optimization of Pectinase from *Bacillus sp.* MFW7 using Cassava Waste.** Asian Journal of Plant Science and Research, v. 2, n. 3, p. 369-375, 2012.

NAZZARO, F. et al. **Biochemical Traits, Survival and Biological Properties of the Probiotic *Lactobacillus plantarum* Grown in the Presence of Prebiotic Inulin and Pectin as Energy Source.** Pharmaceuticals (Basel), v. 5, n. 5, p. 481-492, 2012.

NITZKE, J. A.; BIEDRZYCKI, A. **Como Fazer Pão.** Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos-UFRGS, Porto Alegre, Rio Grande do Sul.2004. Disponível em:< [https://www.ufrgs.br/alimentos1/pao/ingredientes/ing\\_enzimas.htm](https://www.ufrgs.br/alimentos1/pao/ingredientes/ing_enzimas.htm)> Acesso em 15 de set. de 2021.

OLIVEIRA, F. C. **Produção de lipase por *Penicillium roqueforti* e sua aplicação na obtenção de aroma de queijo.** 2010. 124 p. Dissertação de Mestrado em Ciências – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena/SP, 2010.

PARAJÓ, J. C.; DOMINGUES, H.; DOMINGUES, J. M. **Biotechnological production of xylitol.** Part 1: interest of xylitol and fundamentals of its biosynthesis. Biores Technol 65:191–201, 1998.

POLITZER, K.; BOM, E. P. S. **Enzimas Industriais e Especiais. Termo de Referência Fórum de Biotecnologia.** 2006. Centro de Gestão e Recursos Estratégicos. Rio de Janeiro. 2006.

REINECCIUS, G. **Flavor Chemistry and Technology**. 2nd ed. New York: CRC Press, p. 489. 2006.

REIS, A. G. R. **Estudo do mecanismo de inibição da enzima diidroorotato desidrogenase de Leishmania major**. 2016. 184f. Tese de Doutorado. Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2016.

REINECCIUS, 2006

SAMANTA, A. et al. **Xylooligosaccharides as prebiotics from agricultural by-products: Production and applications**. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, v. 5, n. 1, p. 62-71, 2015.

SANTI, L.; BERGER, M.; SILVA, W. O. B. **Pectinases e Pectina: Aplicação Comercial e Potencial Biotecnológico**. *Caderno pedagógico, Lajeado*, v. 11, n. 1, p. 130-139, 2014.

SILVA, E. T. **Estabilização de Proteases para Aplicação Tecnológica**. Dissertação de Mestrado. Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2013.

THAKUR, B.R.; SINGH, R.K.; HANDA, A.K. **Chemistry and uses of pectin** – a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 37, p. 47-73, 1997.

UENOJO, M.; PASTORE, G. M. **Pectinases: aplicações industriais e perspectivas**. Departamento de Ciência de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP. *Review*, v. 30, p. 388-394. 2007

UHLIG, G. **Industrial enzymes and their applications**. New York: John Wiley & Sons Inc., 1998, 472p. ISBN: 978-0-471-19660-0. 1998.

VENTURA, M. M.; FREITAS, S. M.; FREIRE, A. P. **Catálise enzimática – alguns destaques na evolução da enzimologia In: E. P. S. Enzimas em biotecnologia – Produção, Aplicações e Mercado**. Rio de Janeiro: Interciência, cap. 1, p. 1-27, 2008.

YANG, R.; XU, S.; WANG, Z.; YANG W. **Aqueous extraction of corncob xylan and production of xylooligosaccharides**. *LWT- Food Sci Technol*. v.38, p.677-82, 2005.

YANG, H. et al. **Production of xylooligosaccharides by xylanase from Pichia stipitis based on xylan preparation from triploid Populus tomentosa**. *Bioresource technology*, v. 102, n. 14, p. 7171-7176, 2011.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

- Ação antibacteriana 3, 29  
Alimentos fermentados 61, 62, 63, 64  
*Alpinia zerumbet* 50, 51, 58, 59  
Antifúngicos 82, 93, 97, 98, 99, 100, 101, 103  
Application 11, 12, 24, 36, 46, 48, 51, 59, 81  
*Astrocaryum aculeatum* 9, 27, 28, 29, 34  
Avaliação físico-química 68, 73, 75  
Avaliação microbiológica 68, 70, 71, 73, 74, 77, 79

### B

- Barras de cereais 68, 71, 73, 74, 75, 76, 77, 78  
Biocatalisadores 11, 13, 14, 48  
Biopelículas 93, 95, 96, 97, 98, 101  
Biotechnology 24, 36, 46, 47, 48, 66, 90

### C

- Candida albicans* 32, 81, 93, 94, 100, 102, 103  
*Candida glabrata* 81, 93, 94, 95, 101, 102  
*Candida spp.* 80, 81, 83, 93, 94, 96, 101  
*Candida tropicalis* 81, 93, 94, 95, 100, 101, 103  
Castanha-do-Brasil 68, 69, 70, 71, 74, 76, 77, 78, 79

### E

- Enzimas 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 32, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 56, 63, 95, 99  
Enzymes 11, 12, 15, 24, 26, 34, 36, 47, 48  
*Escherichia coli* 1, 2, 27, 28, 29, 59, 68, 69, 70, 71, 73, 74  
Extratos metanólicos 1, 2, 3, 5, 6, 28, 29, 31, 33

### F

- Fungos 4, 18, 21, 24, 25, 37, 46, 50, 56, 61, 64, 71, 75, 78

### I

- Indústria alimentícia 11, 12, 18, 20, 21, 23, 42  
Infecções 3, 20, 51, 52, 104

## **K**

*Klebsiella pneumoniae* 1, 2, 27, 28, 29

## **L**

Linhagens de bactérias 61

Lipase 16, 25, 36, 40, 41, 45, 46, 47, 48

## **M**

MALDITOF 80, 81, 83, 84, 85, 86, 89

Microrganismos 3, 5, 6, 8, 14, 18, 20, 21, 23, 24, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 37, 44, 50, 54, 61, 62, 63, 64, 70, 71, 75, 77, 84

## **O**

Óleo essencial 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59

## **P**

Potencial antimicrobiano 50

Processos industriais 11, 12, 14, 20, 23

*Pseudomonas aeruginosa* 1, 2, 27, 28, 29, 41

## **S**

*Staphylococcus aureus* 1, 2, 3, 27, 28, 29, 59, 65

## **T**

Tucumã 9, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34

*Turnera subulata* 1, 2, 10



# MICROBIOLOGIA:

Avanços através dos séculos e constante atualizações tecnológicas

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

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

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

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

  
Ano 2021

# MICROBIOLOGIA:

Avanços através dos séculos e constante atualizações tecnológicas

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

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

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

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

 **Atena**  
Editora  
Ano 2021