



Tópicos em ciência dos alimentos

Volume IV



Wesclen Vilar Nogueira
Organizador



Pantanal Editora

2022

Wesclen Vilar Nogueira
Organizador

Tópicos em ciência dos alimentos
Volume IV



Pantanal Editora

2022

Copyright© Pantanal Editora

Editor Chefe: Prof. Dr. Alan Mario Zuffo

Editores Executivos: Prof. Dr. Jorge González Aguilera e Prof. Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diagramação: A editora. **Diagramação e Arte:** A editora. **Imagens de capa e contracapa:** Canva.com. **Revisão:** O(s) autor(es), organizador(es) e a editora.

Conselho Editorial

Grau acadêmico e Nome

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos
Prof. MSc. Adriana Flávia Neu
Prof. Dra. Allys Ferrer Dubois
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior
Prof. MSc. Aris Verdecia Peña
Prof. Arisleidis Chapman Verdecia
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva
Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo
Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu
Prof. Dr. Carlos Nick
Prof. Dr. Claudio Silveira Maia
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos
Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva
Prof. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos
Prof. MSc. David Chacon Alvarez
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira
Prof. Dra. Denise Silva Nogueira
Prof. Dra. Dennyura Oliveira Galvão
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves
Prof. Me. Ernane Rosa Martins
Prof. Dr. Fábio Steiner
Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza
Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez
Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira
Prof. MSc. Javier Revilla Armesto
Prof. MSc. João Camilo Sevilla
Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales
Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski
Prof. MSc. Lucas R. Oliveira
Prof. Dra. Keyla Christina Almeida Portela
Prof. Dr. Leandro Argente-Martínez
Prof. MSc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann
Prof. MSc. Marcos Pisarski Júnior
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla
Prof. MSc. Mary Jose Almeida Pereira
Prof. MSc. Núbia Flávia Oliveira Mendes
Prof. MSc. Nila Luciana Vilhena Madureira
Prof. Dra. Patrícia Maurer
Prof. Dra. Queila Pahim da Silva
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty
Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo (*In Memoriam*)
Prof. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos
MSc. Tayronne de Almeida Rodrigues
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca
Prof. MSc. Wesclen Vilar Nogueira
Prof. Dra. Yilan Fung Boix
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

Instituição

OAB/PB
Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã
UO (Cuba)
IF SUDESTE MG
Facultad de Medicina (Cuba)
ISCM (Cuba)
UFESSPA
UEA
UNEMAT
UFV
AJES
UFGD
UEMS
IFPA
UNICENTRO
IFMT
UFMG
URCA
ISEPAM-FAETEC
IFG
UEMS
UFF
(Colômbia)
UNAM (Peru)
IFRR
UCG (México)
Mun. Rio de Janeiro
UNMSM (Peru)
UFMT
Mun. de Chap. do Sul
IFPR
Tec-NM (México)
Consultório em Santa Maria
UFJF
UEG
FAQ
UNAM (Peru)
SEDUC/PA
IFB
IFPA
UNIPAMPA
IFB
UO (Cuba)
UFMS
UFPI
UFG
UEMA
IFB
UFPI
FURG
UO (Cuba)
UFT

Conselho Técnico Científico
- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior
- Esp. Maurício Amormino Júnior
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Ficha Catalográfica

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
T673	Tópicos em ciência dos alimentos [livro eletrônico]: volume IV / Organizador Wesclen Vilar Nogueira. – Nova Xavantina, MT: Pantanal Editora, 2022. 75p. : il. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web ISBN 978-65-81460-46-4 DOI https://doi.org/10.46420/9786581460464 1. Alimentos – Análise. 2. Tecnologia de alimentos. I. Nogueira, Wesclen Vilar. CDD 664.07
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	



Nossos e-books são de acesso público e gratuito e seu download e compartilhamento são permitidos, mas solicitamos que sejam dados os devidos créditos à Pantanal Editora e também aos organizadores e autores. Entretanto, não é permitida a utilização dos e-books para fins comerciais, exceto com autorização expressa dos autores com a concordância da Pantanal Editora.

Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br

Apresentação

A coleção de e-books “Tópicos em Ciência dos Alimentos” aborda e demonstra diferentes aspectos relacionados à cadeia produtiva de alimentos. O Volume IV da coleção aborda em seus capítulos o desenvolvimento de novos produtos, aspectos nutricionais, físico-químicos e microbiológicos de alimentos, bem como o controle de contaminantes (e.g., metais e micotoxinas).

O e-book não tem a pretensão de ser completo, mas fornecer informações importantes e supri a escassez de material na literatura para assuntos muitas vezes desconhecidos. Para isso, utilizou-se linguagem contextualizada e de fácil compreensão aos leitores. Assim, espero que os pontos abordados possam ser utilizados por profissionais da área de Ciência dos Alimentos e áreas afins nos diferentes níveis de formação, garantindo a difusão de conhecimento para a sociedade.

Desejo a todos uma excelente leitura!

Wesclen Vilar Nogueira


Sumário

Apresentação	4
Capítulo 1	6
Potencialidades na elaboração de bala de goma com ora-pro-nobis e estévia	6
Capítulo 2	26
Peixe fresco: aspectos nutricionais, físico-químicos e microbiológicos	26
Capítulo 3	45
Controle de mercúrio em alimentos	45
Capítulo 4	60
Processos biotecnológicos relacionados à mitigação de micotoxinas em alimentos	60
Índice Remissivo	74
Sobre o organizador	75


Processos biotecnológicos relacionados à mitigação de micotoxinas em alimentos

Recebido em: 30/06/2022

Aceito em: 02/07/2022

 10.46420/9786581460464cap4


Wesclen Vilar Nogueira^{1*} 


Ana Flávia Vendramin Comunello² 

Bryan Correa da Silva³ 

Diean Fabiano Alvares Pinheiro⁴ 

Giuliana Barrios Penha Fernandez⁵ 

Matheus Ferrazza Fantoni⁶ 

Jaqueline Garda Buffon^{7*} 

INTRODUÇÃO

As micotoxinas são metabólitos secundários tóxicos produzidos por fungos filamentosos, principalmente aqueles pertencentes aos gêneros *Aspergillus*, *Fusarium* e *Penicillium* (Afsah-Hejri et al., 2020). Em condições ambientais favoráveis, os fungos podem infectar uma ampla variedade de alimentos de origem vegetal, especialmente cereais, frutas e sementes que podem ser contaminados desde o cultivo até o armazenamento (Karlovsy et al., 2016). O contato com as micotoxinas também pode ocorrer através do consumo de carnes, leite e ovos oriundos de animais expostos a rações contaminadas (Afsah-Hejri et al., 2020; Ogunade et al., 2018).

O comércio internacional contribui significativamente para a disseminação dos impactos da contaminação fúngica. A ocorrência de micotoxinas em commodities é responsável por inúmeras perdas econômicas relacionada principalmente à queda do valor de mercado pelo maior emprego de fungicidas, à redução da produtividade e do desempenho de animais (Karlovsy, 2011). Além disso, os efeitos causados por algumas micotoxinas geram grandes preocupações de saúde pública devido a sua alta recorrência e efeitos cancerígenos, mutagênicos, teratogênicos e imunossupressores segundo a *International Agency for Research on Cancer* (Iarc, 2002). Dentre os grupos com maior toxicidade, destacam-se as aflatoxinas, fumonisinas, ocratoxina A, zearalenona e os tricotecenos. Os níveis de micotoxinas são regulados mundialmente por vários países, nos quais os regulamentos mais detalhados, discriminados por produto alimentício e faixa etária, foram implementados pela União Europeia (European Commission, 2006, 2012, 2013).

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Escola de Química e Alimentos, Laboratório de Micotoxinas e Ciência de Alimentos, Rio Grande, RS, Brasil.

* Autor correspondente: wesclenvilar@gmail.com e jaquelinebuffon@furg.br

Diversas abordagens foram desenvolvidas para mitigar os níveis de micotoxinas em alimentos (Marshall et al., 2020; Makhuvele et al., 2020). Entretanto, cada método possui sua limitação quanto à segurança, influência no valor nutricional, aspectos sensoriais, eficácia e custos de aplicação (Ji, Fan & Zhao, 2016; Ogunade et al., 2018). As estratégias tradicionais de mitigação envolvem processos físicos básicos, como triagem, lavagem, fresagem e tratamentos térmicos (Loi et al., 2017). Métodos não convencionais, como irradiação, luz ultravioleta, luz pulsada e plasma frio estão sendo propostos em processos alimentícios como métodos viáveis de descontaminação (Deng et al., 2020). Além disso, o uso de agentes de adsorção ou aglutinantes, como carvão ativado, bentonita e zeólitos também têm sido efetivo no combate às micotoxinas (Ogunade et al., 2018; Makhuvele et al., 2020).

As micotoxinas também podem ser mitigadas por meio de tratamento químicos como ácidos, hidrólise alcalina e agentes oxidantes, como peróxidos e ozônio (Afsah-Hejri et al., 2020). No entanto, a aplicação desses métodos em alimentos destinados ao consumo humano e animal é limitado, devido à potencial toxicidade dos reagentes, baixa eficácia, elevados custos de implementação e às alterações nutricionais decorrentes desses tratamentos (Loi et al., 2017). Na busca de técnicas mais eficazes, economicamente viáveis e com condições brandas de operação foram desenvolvidos métodos de descontaminação capazes de transformar biologicamente as micotoxinas em compostos menores ou até sem toxicidade (Ji et al., 2016). Os métodos biológicos consistem em utilizar micro-organismos ou enzimas para metabolizar as micotoxinas através de tratamentos específicos, com menor impacto na qualidade nutricional e sensorial quando relacionado a alimentos (Loi et al., 2017). Além disso, estes agentes biológicos podem ser modificados geneticamente e aplicados em processos fermentativos, a fim de otimizar os métodos de descontaminação (Karlovsky, 2011; Marshall et al., 2020).

Dado o exposto, este capítulo tem por objetivo compilar dados relativos aos métodos biotecnológicos utilizados para mitigar micotoxinas de maior ocorrência em alimentos que podem ocasionar impacto direto na economia mundial e na saúde dos consumidores.

PROCESSOS FERMENTATIVOS

O agronegócio é considerado o setor de maior importância para o desenvolvimento do produto interno bruto de um país, desempenhando papel importante na produção, processamento e transformação dos alimentos (Kurmanalina et al., 2020). Dentre os setores do agronegócio, a agricultura se destaca pela elevada produção de cereais. O cultivo de cereais ocorre a nível mundial e o volume de produção é maior do que qualquer outro tipo de produto. O elevado volume está diretamente relacionado ao consumo uma vez que são considerados as principais fontes calóricas para humano (FAO, 2020). Os principais cereais produzidos a nível mundial, seguindo uma ordem decrescente de produção é o milho, trigo, arroz e soja (Faostat, 2022). Apesar da importância em relação a alimentação e do elevado volume produzido, a cadeia produtiva de cereais gera grandes quantidades de resíduos, principalmente no pós-colheita (Obi et al., 2016). Caso não possuam destino adequado os resíduos podem poluir solos e corpos

hídricos. Além disso, a lixiviação de compostos oriunda da decomposição dos resíduos acarreta problemas de saúde pública (Souza, 2018).

Assim, estratégias de gestão de resíduos agrícolas são necessários para sustentabilidade da cadeia produtiva (Koul et al., 2022). Nesse contexto, a gestão de resíduos empregando processos fermentativos é uma alternativa. Esses processos utilizam micro-organismos GRAS (do inglês, *Generally Recognized as Safe*) (e.g., bactérias, leveduras e fungos filamentosos) que proporcionam melhorias nas características funcionais dos resíduos aumentando a concentração de nutrientes através de reações catalisadas por enzimas (Furlong et al., 2007). Assim, os compostos resultantes dos processos de biotransformação podem ser empregados na indústria farmacêutica, alimentícia e química promovendo a sustentabilidade da indústria agrícola e também do meio ambiente (Canedo et al., 2016; Christ-Ribeiro et al., 2017; Das; Kumar, 2018; Saraiva et al., 2018; Christ-Ribeiro et al., 2020; Namnuch et al., 2021). Os processos fermentativos para reutilização de resíduos possuem vantagens quando comparado aos demais. Dentre as vantagens dos processos fermentativos estão o baixo custo de processo, a não utilização de produtos químicos, a facilidade da aplicação e controle, e melhoria da digestibilidade e do valor nutricional (Borzani et al., 2001; Liu et al., 2020).

Os processos fermentativos podem ser divididos em fermentação submersa e fermentação em estado sólido. No primeiro caso, trata-se da condução de processo em que todos os nutrientes necessários para o crescimento e desenvolvimento dos micro-organismos são disponibilizados em fase aquosa abundante (Gautério et al., 2018, 2020, 2021; Machado et al., 2021). Esta técnica é comumente usada com micro-organismos que possuem maior necessidade de água livre (Reque et al., 2019), o que não inviabiliza a utilização de fungos que, inclusive, mostram resultados satisfatórios na produção de enzimas (e.g., xilanases e celulases) (Liu et al., 2020; Corrêa Jr et al., 2022). Este processo é mais eficaz para aplicações industriais, uma vez que apresenta uma maior exatidão no controle das condições da fermentação e maior facilidade para aumento de escala (Borzani et al., 2001).

A fermentação em estado sólido é conduzida utilizando substrato ou material inerte como matriz sólida para o cultivo de micro-organismos. Ao contrário do método apresentado anteriormente, neste tem-se apenas o nível de atividade de água necessário para garantir o crescimento dos micro-organismo sem exceder a capacidade máxima de ligação da matriz com a água (Ribeiro et al., 2017). Os micro-organismos que melhor se adaptam são aqueles que não possuem a necessidade de quantidades abundantes de água (e.g., fungos filamentosos) (Christ-Ribeiro et al., 2021). É uma técnica que apresenta possibilidade de utilização direta para alguns resíduos, apresenta menor complexidade de procedimentos, menor consumo energético, baixo custo, maior taxa de conversão uma vez que ocorre contato direto entre o substrato e o micro-organismo, baixo volume de água, maior acessibilidade aos micro-organismos que podem ser empregados, menor produção de resíduos líquidos e redução dos riscos de contaminação (Borzani et al., 2001).

Ambos os processos apresentam viabilidade de emprego na reciclagem de resíduos agrícolas e na melhoria das características funcionais e aumento a concentração de nutrientes (Ribeiro et al., 2017). Outro fator importante é que estes processos fermentativos contribuem para descontaminação de compostos tóxicos como as micotoxinas (Garda-Buffon; Badiale-Furlong, 2010; Christ-Ribeiro et al., 2019). Isso está relacionado ao fato de alguns micro-organismos, através de seu sistema multi-enzimático, poderem metabolizar as micotoxinas, alterando sua estrutura química tendo como resultado a mitigação e/ou descontaminação. Além de disso, essas enzimas, proteínas, podem proporcionar a conjugação com determinadas micotoxinas tornando-as menos ativas como agentes patogênicos. Isso pode ser evidenciado no estudo desenvolvido por Furlong et al. (2007). Os autores avaliaram a capacidade de fungos GRAS (*Aspergillus oryzae* e *Rhizopus* spp.) em aumentar os teores proteicos e a capacidade de mitigar aflatoxina B₁ e ocratoxina A em farelo de arroz e trigo durante fermentação em estado sólido utilizando reatores de bandeja a 30 °C. Para isso, os farelos foram contaminados simultaneamente com aflatoxina B₁ (12 e 25 ng/g) e ocratoxina A (48 e 95 ng/g). Os autores concluíram que ambas as espécies fúngicas proporcionaram aumento nos níveis de proteína e proporcionaram a mitigação das micotoxinas em 17 e 80%, respectivamente.

Garda-Buffon e Badiale-Furlong (2010) avaliaram a capacidade das espécies fúngicas *Aspergillus oryzae* e *Rhizopus oryzae* em mitigar desoxinivalenol durante fermentação submersa. Para isso, foi empregado meio submerso contaminado com 1 µg/mL de desoxinivalenol e inoculação com 4×10⁶ esporos/mL de ambas as espécies fúngicas. A concentração de desoxinivalenol foi determinada a cada 48 h durante 240 h de processo. A mitigação mais significativa de desoxinivalenol ocorreu em 96 (74%) e 240 h (90%) para *Aspergillus oryzae* e *Rhizopus oryzae*, respectivamente. Christ-Ribeiro et al. (2021) avaliaram a inclusão de farelo de arroz fermentado em estado sólido por *Saccharomyces cerevisiae* na formulação de biscoitos sem glúten, bem como caracterizá-los quanto às suas propriedades físico-químicas e antioxidantes. Os biscoitos foram elaborados com diferentes níveis de farelo de arroz fermentado (25, 50 e 100 g, respectivamente) e comparado com controle, sem farelo de arroz fermentado. Os autores concluíram que todas as formulações apresentaram o teor de proteína, compostos fenólicos e atividade antioxidante aumentadas quando comparados ao controle. Assim, ambos os processos fermentativos utilizando micro-organismos GRAS são promissores para aumentar o teor de proteínas e proporcionar ingredientes alimentícios com menores concentrações de micotoxinas.

ENZIMAS

Enzimas apresentam natureza proteica e são consideradas catalisadores biológicos responsáveis por regular reações metabólicas, fornecendo condições favoráveis ou diminuindo a energia de ativação da reação, sendo responsáveis por iniciar as reações de catálise. A velocidade da reação catalisada por uma enzima pode ser alterada de acordo com os parâmetros reacionais a que é exposta (e.g. tempo, temperatura, pH, concentração de substrato) (Gomes; Polizelli, 2010; Marciano et al., 2015). A otimização

destes parâmetros visando a obtenção de condições ótimas de reação enzimática resulta no aumento da velocidade de reação (Oliveira; Silva, 2017). Em contrapartida, caso as enzimas sejam expostas a temperatura elevadas ou outras condições drásticas, podem ser desnaturadas e/ou inativadas (Feltrin et al., 2017; Garcia et al., 2020; Marimon-Sibaja et al., 2018).

De acordo com a *Enzyme Commission*, as enzimas são classificadas de acordo com as reações que catalisam, estando subdivididas em seis classes, sendo elas as hidrolases, as isomerases, as liases, as ligases, as oxidorredutases e as transferases (Webb, 1992). Dentre as classes, destacam-se as hidrolases e oxidorredutases na aplicação em processos biológicos. Isso está relacionado ao fato dessas enzimas operarem em ampla faixa de pH, serem estáveis a altas temperaturas e a vários agentes inibidores (Guan et.al 2015). As oxirredutases clivam ligações químicas e auxiliam na transferência de elétrons de um substrato orgânico reduzido a outro composto químico, enquanto as hidrolases clivam ligações covalentes associadas a moléculas de água (Araújo, 2018; Gonçalves; Fonseca, 2018).

Essas enzimas podem ser encontradas em plantas, animais e micro-organismos (Carneiro et.al, 2020) e apresentam capacidade de alterar substratos orgânicos de diversos substratos (Ramalho et al., 2016; Zheng et al., 2017; Teixeira; Milagre, 2020), inclusive, metabólitos secundários como as micotoxinas (Feltrin et al., 2017; Garcia et al., 2018). Garcia et.al (2020) avaliaram a ação da enzima peroxidase comercial obtida de *Armoracia rusticana* na mitigação simultânea da ocratoxina A e da zearalenona em solução modelo e cerveja. Para isso, os parâmetros de reação da enzima foram otimizados. Nas condições ótimas de reação (pH 7, força iônica de 25 mM, incubação a 30 °C, adição de 26 mM de H₂O₂ e 1 mM de íon de potássio), a enzima (0,6 U/mL) apresentou mitigação máxima de 27,0 e 64,9%, para ocratoxina A e zearalenona respectivamente, em solução modelo após 360 min. A aplicação da PO em cerveja resultou na mitigação simultânea de ocratoxina A e zearalenona em 4,8 e 10,9%, respectivamente.

Marimon-Sibaja et al. (2018) avaliaram a mitigação de aflatoxina B₁ por peroxidase e sua aplicação em alimentos contaminados. Primeiramente os parâmetros de reação da enzima foram otimizados (0,015 U/mL, adição de 0,08% H₂O₂, 30 °C por 8 h a 150 rpm) em solução modelo (tampão fosfato 100 mmol/L). Nas condições ótimas, ao serem adicionados 0,015 U/mL de peroxidase, a mitigação de aflatoxina B₁ foi de 97% em relação a concentração inicial (0,5 µg/L). Quando a peroxidase (0,015 U/mL) foi aplicada em amostras de leite e cervejas a mitigação foi de 97 e 24%, respectivamente. Feltrin et al. (2017) avaliaram a mitigação de tricoteceno (toxina T-2, desoxinivalenol, nivalenol, 3-acetildesoxinivalenol e 15-acetildesoxinivalenol) utilizando lacase e da lipase em solução modelo. Os autores concluíram que a lacase apresentou mitigação máxima de 1,5% para toxina T-2, 7% para 15-acetildesoxinivalenol, 14,6% para desoxinivalenol e 20,3% para 3-acetildesoxinivalenol. A aplicação da lipase resultou na mitigação máxima de 12,3% para toxina T-2, 45,4% para 15-acetildesoxinivalenol, 50,2% para 3-acetildesoxinivalenol e 68,4% para desoxinivalenol. De acordo com os autores, a mitigação dos tricotecenos pelas enzimas está baseada na hidroxilação do anel epóxido, além disto foi salientado que a possibilidade de adsorção pela presença de grupos hidroxila na enzima permitindo ligações de

hidrogênio com a micotoxina. As lacases também têm ação estereoespecífica que podem oxidar grupos hidroxila dos anéis fenólicos presentes nos tricotecenos.

As vantagens do uso de enzimas para mitigar micotoxinas e a facilidade de aplicação dos processos de fermentação gera uma nova alternativa quanto ao uso de micro-organismos geneticamente modificados visando a melhoria da produção industrial de enzimas aliada a mitigação de micotoxinas. Essas modificações podem ser obtidas tanto pela modificação genética quanto pelo uso de enzimas recombinantes. O uso de micro-organismos geneticamente modificados para a produção de enzimas permite aumentar o rendimento da produção, melhorando as características da enzima produzida e colaborando para redução de micotoxinas.

NOVAS TECNOLOGIAS APLICADAS A DEGRADAÇÃO DE MICOTOXINAS

Para reduzir a concentração de micotoxinas em alimentos, métodos químicos (Garda; Badiale-Furlong, 2003), físicos (Karlovsky et al., 2016) e biológicos (Bovo et al., 2010; Petruzzi et al., 2014; Stander et al., 2000) foram avaliados. Dentre esses, os biológicos têm se destacando (Kupski et al., 2013). Com o intuito de elevar a eficiência de métodos biológicos novas técnicas estão sendo estudadas, tais como o uso de ultrassom (Golunski et al., 2017; Fontes, 2017), alta pressão hidrostática (Avsaroglu et al., 2015), micro-ondas (Golunski et al., 2017), luz ultravioleta (Chandra et al., 2017), campos magnéticos (Gemishev et al., 2009; Liu et al., 2010) e campos elétricos moderados (Garcia, 2018).

Ultrassom

O ultrassom é uma onda mecânica acústica produzida pelo movimento oscilatório das partículas de um meio (Mason et al., 2005). Esse método pode ser empregado em reações enzimáticas como pré-tratamento de amostras, onde reduz o tamanho de partículas e aumenta a superfície catalítica ou, durante toda a reação enzimática, pois acredita-se que isso favoreça o acesso do substrato ao sítio ativo (Delgado-Povedano; Castro, 2015). A ação do ultrassom em peroxidase foi avaliada por Golunski et al. (2017). Os autores observaram incremento de 129,5%, 147,9% e 102,4% na atividade relativa da peroxidase extraída de farelo de arroz, farelo de soja e comercial, respectivamente, quando submetidas a ultrassom com potência de 39,6 W e 55 °C, por 10 min. Outro estudo, realizado por Fontes (2017), avaliou a aplicação de ondas ultrassônicas para mitigação de desoxinivalenol, 15-acetil-deoxinivalenol, 3-acetil-deoxinivalenol e nivalenol em grãos de trigo e, após o tratamento, obteve-se redução média na concentração dessas micotoxinas de 26%, 23,3% e 17,8%, respectivamente, sendo que as melhores condições foram 3,5 h de exposição, 25 kHz e diâmetro do béquer de 3 cm.

Alta pressão hidrostática

O método de alta pressão hidrostática consiste na utilização de pressões acima de 100 MPa (Martín et al., 2002), que são geradas pela compressão da água por bombas e intensificadores de pressão

(Buckow; Heinz, 2008). Essa tecnologia é capaz de desnaturar ou modificar proteínas, ativar ou não enzimas e alterar as interações substrato-enzima (Butz; Tauscher, 2002). Avsaroglu et al. (2015) avaliaram a utilização de alta pressão hidrostática pulsada na degradação de patulina em suco de maçã e observaram que a combinação de calor moderado com pulsos suaves de pressão hidrostática reduziu os níveis dessa micotoxina em até 62%, no entanto não foi possível determinar a combinação de pressão e calor mais apropriada para redução de patulina, uma vez que os resultados foram variáveis.

Micro-ondas

As micro-ondas são radiações que variam entre 300 MHz e 300 GHz e correspondem ao intervalo de comprimento de onda de 1 m a 1 mm (Banik, Bandyopadhyay & Ganguly, 2003). Os efeitos de micro-ondas em reações químicas estão relacionados com o atrito molecular de curto alcance, devido a polarização causada pela irradiação, que eleva a temperatura no local e as taxas de reação (Lopes et al., 2015). Golunski et al. (2017) avaliaram a ação de micro-ondas na atividade relativa de peroxidase extraída de diferentes fontes e observaram o aumento de 107,4% na atividade relativa de peroxidase extraída de farelo de arroz com 10 s de reação e temperatura de cerca de 50 °C.

Luz ultravioleta

A luz ultravioleta situa-se na região entre os raios-x (200 nm) e a luz visível (400 nm) e pode ser classificada em UV-C (200 a 280 nm), UV-B (280 a 320 nm) e UV-A (320 a 400 nm) (Bintsis et al., 2000). É considerada um eficiente antimicrobiano e atua danificando o DNA das células, comprometendo suas funções celulares e, eventualmente, levando à morte celular (Sastry et al., 2000). Chandra et al. (2017) avaliaram o uso de UV-C (254 nm) para degradação de patulina em suco de maçã e observaram a redução de 69% na concentração da micotoxina. No entanto, de acordo com este estudo, o percentual de degradação da patulina pode ser dependente da presença de agentes cromóforos, como riboflavina.

Campos magnéticos

Os campos magnéticos podem ser definidos como o local de atuação de forças magnéticas (Burns; MacDolnald, 1975) e podem ser classificados, quanto sua intensidade, em fraco (menor que 1 mT), moderado (1 mT a 1 T), forte (1 a 5 T) e ultra forte (maior que 5 T) (Dini & Abbro, 2005). No estudo desenvolvido por Gemishev et al. (2009) foi observado o aumento de 27% na atividade da endoglucanase quando utilizado campo magnético de 10 mT com 24 h de exposição. Liu et al. (2010) relataram, também, o aumento de 20% na atividade da α -amilase imobilizada em quitosana após tratamento com campo magnético estático de 0,15 T por 1 h. Não há dados sobre a degradação de micotoxinas pela aplicação de campos magnéticos, mas se a atividade enzimática pode ser incrementada e estas, conforme descrito por Garcia (2020), He et al. (2016) e Stander et al. (2000), podem atuar na

degradação destes contaminantes, resultados promissores podem ser alcançados pela aplicação dessa tecnologia.

Campo elétrico moderado

O campo elétrico moderado é um método que consiste na passagem de corrente elétrica alternada pelo alimento, com forma de onda arbitrável e intensidade de campo elétrico menor ou igual a 1000 V(cm)-1. A aplicação dessa tecnologia pode resultar na geração de calor, processo denominado aquecimento ôhmico ou pode não gerar calor, nessa situação pode ocorrer um aumento na transferência de massa de alguns componentes intracelulares (Sensoy; Sastry, 2004). Garcia (2018) avaliou a aplicação de campo elétrico moderado, em diferentes condições de pH e potencial, na degradação da patulina e do fungicida piraclostrobina em maçãs e observou uma redução na concentração desses compostos de até 74% e 64%, respectivamente, quando aplicado o maior potencial (2,6V). O pH na faixa estudada apresentou pouco efeito na degradação da patulina e a degradação do fungicida foi melhor em pH 4.

CONCLUSÃO

A ocorrência de micotoxinas em insumos ou alimentos processados é uma realidade que gera a necessidade da mitigação destes contaminantes com garantia de disponibilização de um alimento seguro. Portanto, o emprego de processos fermentativos, micro-organismos específicos ou enzimas aliadas a tecnologias inovadoras pode ser a alternativa viável para a garantia da qualidade de alimentos de consumo diário da população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afsah-Hejri, L., Hajeb, P., & Ehsani, R. J. (2020). Application of ozone for degradation of mycotoxins in food: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(4), 1777-1808. DOI: 10.1111/1541-4337.12594
- Araújo, E. A. (2018). *Explorando as relações entre estrutura e função de glicosídeos das famílias 9,48, 74*. 2018. Tese, USP, São Carlos, Brasil.
- Avsaroglu, M. D., Bozoglu, F., Alpas, H., Largeteau, A., & Demazeau, G. (2015). Use of pulsed-high hydrostatic pressure treatment to decrease patulin in apple juice. *High Pressure Research*, 35(2), 214-222. DOI: 10.1080/08957959.2015.1027700
- Banik, S., Bandyopadhyay, S., & Ganguly, S. (2003). Bioeffects of microwave - a brief review. *Bioresource Technology*, 87(2), 155-159. DOI: 10.1016/s0960-8524(02)00169-4
- Bintsis, T., Litopoulou-Tzanetaki, E., & Robinson, R. K. (2000). Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry—a critical review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(6), 637-645. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0010(20000501)80:6<637::AID-JSFA603>3.0.CO;2-1

- Borzani, W., Schmidell, W., Lima, U. A., & Aquarone, E. (2001). *Biotechnologia Industrial*. São Paulo: Blucher.
- Bovo, F., Corassin, C. H., & Oliveira, C. A. F. (2010). Descontaminação de aflatoxinas em alimentos por bactérias ácido-láticas. *Ciências Biológicas e da Saúde*, 12(2), 15-21.
- Buckow R., & Heinz V. (2008). High pressure processing – a database of kinetic information. *Chemie Ingenieur Technik*, 80(8), 1081-1095. DOI: 10.1002/cite.200800076
- Burns, D., & MacDonald, S. (1975). *Physics for biology and pre-medical students*. Filipinas: Addison-wesley publishers limited.
- Butz, P., & Tauscher, B. (2002). Emerging Technologies: chemical aspects. *Food Research International*, 35(2), 279-284. DOI: 10.1016/S0963-9969(01)00197-1
- Canedo, M. S., Paula, F. G., Silva, F. A., & Vendruscolo, F. (2016). Protein enrichment of brewery spent grain from *Rhizopus oligosporus* by solid-state fermentation. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 39, 1105-1113. DOI: 10.1007/s00449-016-1587-8
- Carneiro, N. S. P. (2020). Avaliação da enzima peroxidase e dos compostos fenólicos durante etapas de fermentação de *Theobroma cacao*. In Carneiro, N. S. P. et al. (Orgs.). *Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos*. São Paulo: Editora Científica Digital.
- Chandra, S., Patras, A., Pokharel, B., Bansode, R. R., Begum, A., & Sasges, M. (2017). Patulin degradation and cytotoxicity evaluation of UV irradiated apple juice using human peripheral blood mononuclear cells. *Journal of Food Process Engineering*, 40(6), e12586. DOI: 10.1111/jfpe.12586
- Christ-Ribeiro, A., Bretanha, C. C., Luz, G. G., Souza, M. M., & Badiale-Furlong, E. (2017). Antifungal compounds extracted from rice bran fermentation applied to bakery product conservation. *Acta Scientiarum*, 39(3), 263-268. DOI: 10.4025/actascitechnol.v39i3.29099
- Christ-Ribeiro, A., Graça, C. S., Kupski, L., Badiale-Furlong, E., & Souza-Soares, L. A. (2019). Cytotoxicity, antifungal and anti mycotoxins effects of phenolic compounds from fermented rice bran and *Spirulina* sp. *Process Biochemistry*, 80, 190-196. DOI: 10.1016/j.procbio.2019.02.007
- Christ-Ribeiro, A., Alves, J. B., Souza-Soares, L. A., & Badiale-Furlong, E. (2020). Fermented rice bran: an alternative ingredient in baking. *Research, Society and Development*, 9(11), e45491110225. DOI: 10.33448/rsd-v9i11.10225
- Christ-Ribeiro, A., Chiattoni, L. M., Mafaldo, C. R. F., Badiale-Furlong, E., & Souza-Soares, L. A. (2021). Fermented rice-bran by *Saccharomyces cerevisiae*: Nutritious ingredient in the formulation of gluten-free cookies. *Food Bioscience*, 40, 100859. DOI: 10.1016/j.fbio.2020.100859
- Corrêa Jr, L. C. S., Gautério, G. V., Burkert, J. F. M., & Kalil, S. J. (2022). Purification of xylanases from *Aureobasidium pullulans* CCT 1261 and its application in the production of xylooligosaccharides. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 38, 52. DOI: 10.1007/s11274-022-03240-5
- Das, A. J., & Kumar, R. (2018). Utilization of agro-industrial waste for biosurfactant production under submerged fermentation and its application in oil recovery from sand matrix. *Bioresource Technology*, 260, 233-240. DOI: 10.1016/j.biortech.2018.03.093

- Delgado-Povedano, M. M., & Castro, M. D. L. (2015). A review on enzyme and ultrasound: A controversial but fruitful relationship. *Analytica Chimica Acta*, 889, 1-21. DOI: 10.1016/j.aca.2015.05.004
- Deng, L. Z., Tao, Y., Mujumdar, A. S., Pan, Z., Chen, C., Yang, X. H., Liu, Z. L., Wang, H., & Xiao, H. W. (2020). Recent advances in non-thermal decontamination technologies for microorganisms and mycotoxins in low-moisture foods. *Trends in Food Science & Technology*, 106, 104-112. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.10.012
- Dini, L., & Abbro, L. (2005). Bioeffects of moderate-intensity static magnetic fields on cell cultures. *Micron*, 36, 195-217. DOI: 10.1016/j.micron.2004.12.009
- European Commission (2006). Commission Regulation n° 1881/2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Official Journal of the European Union*, 1:1-35.
- European Commission (2012). Commission recommendation n° 2012/154/EU of 15 March 2012 on the monitoring of the presence of ergot alkaloids in feed and food. *Official Journal of the European Union*, 77:20-21.
- European Commission (2013). Commission recommendation n° of 27 March 2013 on the presence of T-2 and HT-2 toxin in cereals and cereal products. *Official Journal of the European Union*, 3(4):1-4.
- Faostat. (2022). Value of agricultural production. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QV>>. Acesso em: 25 jun. 2022.
- [FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). The state of food and agriculture 2020. Rome: FAO. DOI: 10.4060/cb1447en
- Feltrin, A. C. P., Sibaja, K. V. M., Tusnski, C., Caldas, S. S., Primel, E. E., & Garda-Bufferon, J. (2017). Evaluation of the suitability of analytical methods in trichothecene A and B degradation. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 29(10), 2117-2126. DOI: 10.21577/0103-5053.20180086
- Fontes, M. R. V. (2017). *Mitigação de tricotecenos em grãos de trigo através do emprego de ondas ultrassônicas e luz ultravioleta*. Dissertação, FURG, Rio Grande, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Furlong, E. B., Cacciamani, J. L. M., & Bufferon, J. G. (2007). Fermentação fúngica: enriquecimento protéico e degradação de micotoxinas em farelo de cereal contaminado com aflatoxina B1 e ocratoxina A. *Brazilian Journal of Food Technology*, 10(4), 233-239.
- Garcia, M. D. V. (2018). *Análise de patulina e fungicidas em maçãs e sua degradação por campo elétrico contínuo*. Dissertação, UFPel, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Garcia, S. O., Feltrin, A. C. P., & Garda-Bufferon, J. (2018). Zearalenone reduction by commercial peroxidase enzyme and peroxidases from soybean bran and rice bran. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 35(9), 1819-1831. DOI: 10.1080/19440049.2018.1486044
- Garcia, S. O., Sibaja, K. V. M., Nogueira, W. V., Feltrin, A. C. P., Pinheiro, D. F. A., Cerqueira, M. B. R., Furlong, E. B. & Garda-Bufferon, J. (2020). Peroxidase as a simultaneous degradation agent of

- ochratoxin A and zearalenone applied to model solution and beer. *Food Research International*, 131, 109039, 2020.
- Garda, J., & Badiale-Furlong, E. (2003). Descontaminação de micotoxinas: uma estratégia promissora. *Revista vetor*, 13(2), 7-15.
- Garda-Bufferon, J., & Badiale-Furlong, E. (2010). Kinetics of deoxynivalenol degradation by *Aspergillus oryzae* and *Rhizopus oryzae* in submerged fermentation. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 21(4), 710-714. DOI: 10.1590/S0103-50532010000400018
- Gautério, G. V., Vieira, M. C., Silva, L. G. G., Hübner, T., Sanzo, A. V. L., & Kalil, S. J. (2018). Production of xylanolytic enzymes and xylooligosaccharides by *Aureobasidium pullulans* CCT 1261 in submerged cultivation. *Industrial Crops and Products*, 125, 335-345. DOI: 10.1016/j.indcrop.2018.09.011
- Gautério, G. V., Silva, L. G. G., Hübner, T., Ribeiro, T. R., & Kalil, S. J. (2020). Maximization of xylanase production by *Aureobasidium pullulans* using a by-product of rice grain milling as xylan source. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 23, 101511. DOI: 10.1016/j.bcab.2020.101511
- Gautério, G. V., Silva, L. G. G., Hübner, T., Ribeiro, T. R., & Kalil, S. J. (2021). Xylooligosaccharides production by crude and partially purified xylanase from *Aureobasidium pullulans*: Biochemical and thermodynamic properties of the enzymes and their application in xylan hydrolysis. *Process Biochemistry*, 104, 161-170. DOI: 10.1016/j.procbio.2021.03.009
- Gemishev, O., Dimova, P., Panova, N., & Evstatieva, Y. (2009). Effect of static magnetic field on synthesis of endoglucanase by *Trichoderma reesei*—m7. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, 23, 848-851. DOI: 10.1080/13102818.2009.10818555
- Golunski, S. M., Scapini, T., Modkovski, T. A., Marques, C. T., Camargo, A. F., Preczeski, K. P., Rosa, C. D., Baldissarelli, D. P., Mulinari, J., Venturin, B., Vargas, G. D. L. P., Garda-Bufferon, J., Mossi, A. J., & Treichel, H. (2017). Commercial and noncommercial peroxidases activity under ultrasound and microwave treatment: a pretreatment to improve wastewater treatment. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 28(10), 1890-1895. DOI: 10.21577/0103-5053.20170023
- Gomes, K. D., & Polizelli, M. A. (2020). Determination of kinetic parameters of beta-galactosidase enzymes. *Brazilian Journal of Development*, 6(5), 28194-20808. DOI:10.34117/bjdv6n5-316
- Gonçalves, C. C. S., & Fonseca, F. S. A. (2018). Reações redox catalisadas por enzimas. *Revista Virtual de Química*, 10(4), 778-797. DOI: 10.21577/1984-6835.20180057
- Guan, Z. B., Shui, Y., Song, C. M., Zhang, N., Cai, Y. J., & Liao X. R. (2015). Efficient secretory production of CotA-laccase and its application in the decolorization and detoxification of industrial textile wastewater. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 9515-9523. DOI: 10.1007/s11356-015-4426-6
- He, M., Li, Y., Pi, F., Ji, J., He, X., Zhang, Y., & Sun, X. (2016). A novel detoxifying agent: Using rice husk carriers to immobilize zearalenone-degrading enzyme from *Aspergillus niger* FS10. *Food Control*, 68, 271-279. DOI: 10.1016/j.foodcont.2016.03.042

- [Iarc] International Agency for Research on Cancer. (2002). *Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans*. Lyon: IARCpress.
- Ji, C., Fan, Y., & Zhao, L. (2016). Review on biological degradation of mycotoxins. *Animal Nutrition*, 2(3), 127-133. DOI: 10.1016/j.aninu.2016.07.003
- Karlovsy, P. (2011). Biological detoxification of the mycotoxin deoxynivalenol and its use in genetically engineered crops and feed additives. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 91(3), 491-504. DOI: 10.1007/s00253-011-3401-5
- Karlovsy, P., Suman, M., Berthiller, F., Meester, J., Eisenbrand, G., Perrin, I., Oswald, I. P., Speijers, G., Chiodini, A., Recker, T., & Dussort, P. (2016). Impact of food processing and detoxification treatments on mycotoxin contamination. *Mycotoxin Research*, 32(4), 179-205. DOI: 10.1007/s12550-016-0257-7
- Kupski, L., Alves, C. L., Garda-Buffon, J., Badiale-Furlong, E. (2013). Application of carboxypeptidase from *Rhizopus* on ochratoxin A degradation. *Biochemistry and Biotechnology Reports*, 2(4), 30-36. DOI: 10.5433/2316-5200.2013v2n4p30
- Koul, B., Yakoob, M., & Shah, M. P. (2022). Agricultural waste management strategies for environmental sustainability. *Environmental Research*, 206, 112285. DOI: 10.1016/j.envres.2021.112285
- Kurmanalina, A., Bimbetova, B., Omarova, A., Kaiyrgaliyeva, M., Bekbusinova, G., Saimova, S., & Saparaliyev, D. (2016). A swot analysis of factors influencing the development of agriculture sector and agribusiness entrepreneurship. *Academy of Entrepreneurship Journal*, 26(1), 1087-9595.
- Liu, Y., Jia, S., Ran, J., & Wu, S. (2010). Effects of static magnetic field on activity and stability of immobilized α -amylase in chitosan bead. *Catalysis Communications*, 11(5), 364-367. DOI: 10.1016/j.catcom.2009.11.002
- Liu, J., Yang, J., Wang, R., Liu, L., Zhang, Y., Bao, H., Jang, J. M., Wang, E., & Yuan, H. (2020). Comparative characterization of extracellular enzymes secreted by *Phanerochaete chrysosporium* during solid-state and submerged fermentation. *International Journal of Biological Macromolecules*, 152, 288-294. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2020.02.256
- Loi, M., Fanelli, F., Liuzzi, V. C., Logrieco, A. F., & Mulè, G. (2017). Mycotoxin biotransformation by native and commercial enzymes: present and future perspectives. *Toxins*, 9(4), 111. DOI: 10.3390/toxins9040111
- Lopes, L. C., Barreto, M. T. M., Gonçalves, K. M., Alvarez, H. M., Heredia, M. F., Souza, R. O. M. A., Cordeiro, Y., Dariva, C., & Fricks, A. T. (2015). Stability and structural changes of horseradish peroxidase: Microwave versus conventional heating treatment. *Enzyme and Microbial Technology*, 69, 10-18. DOI: 10.1016/j.enzmictec.2014.11.002
- Machado, T. B., Corrêa Jr, L. C. S., Mattos, M. V. C. V., Gautério, G. V., & Kalil, S. J. (2021). Sequential alkaline and ultrasound pretreatments of oat hulls improve xylanase production by *Aureobasidium*

- pullulans* in submerged cultivation. *Waste and Biomass Valorization*, 12, 5991-6004. DOI: 10.1007/s12649-021-01425-x
- Makhuvele, R., Naidu, K., Gbashi, S., Thipe, V. C., Adebo, O. A., & Njobeh, P. B. (2020). The use of plant extracts and their phytochemicals for control of toxigenic fungi and mycotoxins. *Heliyon*, 6(10), e05291. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e05291
- Marshall, H., Meneely, J. P., Quinn, B., Zhao, Y., Bourke, P., Gilmore, B. F., Zhang, G., & Elliott, G. T. (2020). Novel decontamination approaches and their potential application for post-harvest aflatoxin control. *Trends in Food Science & Technology*, 106, 489-496. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.11.001
- Marciano, A. F., Coutinho-Rodrigues, C. J. B., Perinotto, W. M. S., Camargo, M. G., Gôlo, P. S., Sá, F. A., Quinelato, S., Freitas, M. C., Angelo, I. C., Nogueira, M. R. S., & Bittencourt, V. E. P. (2015). *Metarhizium anisopliae*: influência do pH na atividade enzimática e no controle de *Rhipicephalus microplus*. *Brazilian Journal of Veterinary*, 37, 85-90.
- Marimon-Sibaja, K. V., Garcia, S. O., Feltrin, A. C. P., Remedi, R. D., Cerqueira, M. B. R., Badiale-Furlong, E., Garda-Bufferon, J. (2018). Aflatoxin biotransformation by commercial peroxidase and its application in contaminated food. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 94(4), 1187-1194. DOI: /10.1002/jctb.5865
- Martín, M. F. S., Barbosa-Canovas, G. V., & Swanson, B. G. (2002). Food processing by high hydrostatic pressure. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42(6), 627-645. DOI: 10.1080/20024091054274
- Mason, T. J., Riera, E., Vercet, A., & Lopez-Buesa, P. (2005). Application of ultrasound. *Emerging technologies for food processing*, 32, 3-351. DOI: 10.1016/B978-012676757-5/50015-3
- Namnuch, N., Thammasittirong, A., & Thammasittirong, S. N. (2021). Lignocellulose hydrolytic enzymes production by *Aspergillus flavus* KUB2 using submerged fermentation of sugarcane bagasse waste. *Mycology*, 12(2), 119-127. DOI: 10.1080/21501203.2020.1806938
- Obi, F. O., Ugwuishiwu, B. O., & Nwakaire, J. N. (2016). Agricultural waste concept, generation, utilization and management. *Nigerian Journal of Technology*, 35(4), 957- 964. DOI: 10.4314/njt.v35i4.34
- Ogunade, I. M., Martinez-Tupia, C., Queiroz, O. C. M., Jiang, Y., Drouin, P., Wu, F., Vyas, D., & Adesogan, A. T. (2018). Silage review: Mycotoxins in silage: Occurrence, effects, prevention, and mitigation. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 4034-4059. DOI: 10.3168/jds.2017-13788
- Oliveira, G. A. V., & Silva, J. M. S. (2017). Equilíbrio químico e cinética enzimática da interação de α -amilase com compostos fenólicos encontrados em cerveja. *Química Nova*, 40(7), 726-732. DOI: 10.21577/0100-4042.20170058

- Petruzzi, L., Bevilacqua, A., Baiano, A., Beneduce, L., Corbo, M. R., & Sinigaglia, M. (2014). Study of *Saccharomyces cerevisiae* W13 as a functional starter for the removal of ochratoxin A. *Food Control*, 35(1), 373-377. DOI: 10.1016/j.foodcont.2013.07.033
- Queiroz, C., & Sousa, A. C. B. (2020). Production of hydrolytic enzymes by filament fungi in different solid substrates. *Brazilian Journal of Development*, 6(7), 51849-51860. DOI:10.34117/bjdv6n7-725
- Ramalho, R. P. R., Scalize, P. S., & Caramori, S. S. (2016). Peroxidase de gramínea de Cerrado como alternativa no tratamento de efluentes agroindustriais. *Revista Ambiente e Água*, 10, 4. DOI:10.4136/ambi-agua.1735
- Reque, P. M., Pinilla, C. M. B., Gautério, G. V., Kalil, S. J., & Brandelli, A. (2019). Xylooligosaccharides production from wheat middlings bioprocessed with *Bacillus subtilis*. *Food Research International*, 126, 108673. DOI: 10.1016/j.foodres.2019.108673
- Ribeiro, A. C., Graça, C. S., Chiattoni, L. M., Massarolo, K. C., Duarte, F. A., Mellado, M. L. S., & Soares, L. A. S. (2017). Fermentation process in the availability of nutrients in rice bran. *Research & Reviews: Journal of Microbiology and Biotechnology*, 6(2), 45-52.
- Saraiva, B. R., Vital, A. C. P., Anjo, F. A., Cesaro, E. & Matumoto-Pintro, P. T. (2018). Valorização de resíduos agroindustriais: fontes de nutrientes e compostos bioativos para a alimentação humana. *Pubsaúde*, 1, a007. DOI: 10.31533/pubsaude1.a007
- Sastry, S. K., Datta, A. K., & Worobo, R. W. (2000). Ultraviolet Light. *Journal of food science*, 65(s8), 90-92. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2000.tb00623.x
- Souza, F. A. (2018). Processos fermentativos em resíduos agroindustriais utilizando a levedura *Yarrowia lipolytica* QU69. Dissertação, UFFS, Laranjeiras do Sul, Paraná, Brasil.
- Stander, M. A., Bornscheuer, U. T., Henke, E., Steyn, P. S. (2000). Screening of commercial hydrolases for the degradation of ochratoxin A. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48(11), 5736-5739. DOI: 10.1021/jf000413j
- Teixeira, I. S., & Milagre, C. D. F. (2020). Directed evolution of enzymes: small changes, better biocatalysts. *Química Nova*, 43(6), 773-786. DOI: 10.21577/0100-4042.20170538
- Webb, E. C. (1992). *Enzyme nomenclature*. Michigan: Academic Press.
- Zheng, S., Qin, X., & Xia, L. (2017). Degradation of the herbicide isoproturon by laccase-mediator systems. *Biochemical Engineering Journal*, 119, 92-100. DOI: 10.1016/j.bej.2016.12.016

Índice Remissivo

A

alimentos, 57, 58, 61, 62, 64

E

enzimas, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64

F

fermentativos, 58, 59, 60, 64

M

micotoxinas, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 64, 67

U

ultrassom, 62

Sobre o organizador



Wesclen Vilar Nogueira

Graduado em Engenharia de Pesca pela UNIR. Mestre e doutorando em Engenharia e Ciência de Alimentos pela FURG.



Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000

Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil

Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp)

<https://www.editorapantanal.com.br>

contato@editorapantanal.com.br

