

# TÓPICOS EM CIÊNCIA DOS ALIMENTOS

VOLUME II

**WESCLEN VILAR  
NOGUEIRA**  
ORG.



2021

**Wesclen Vilar Nogueira**  
Organizador

**TÓPICOS EM CIÊNCIA**  
**DOS ALIMENTOS**  
VOLUME II



Pantanal Editora

2021

Copyright© Pantanal Editora  
Copyright do Texto© 2021 Os Autores  
Copyright da Edição© 2021 Pantanal Editora  
Editor Chefe: Prof. Dr. Alan Mario Zuffo  
Editores Executivos: Prof. Dr. Jorge González Aguilera  
Prof. Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diagramação: A editora

Edição de Arte: A editora. Imagens de capa e contra-capas: Canva.com

Revisão: O(s) autor(es), organizador(es) e a editora

#### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – OAB/PB
- Profa. Msc. Adriana Flávia Neu – Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã
- Profa. Dra. Albys Ferrer Dubois – UO (Cuba)
- Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – IF SUDESTE MG
- Profa. Msc. Aris Verdecia Peña – Facultad de Medicina (Cuba)
- Profa. Arisleidis Chapman Verdecia – ISCM (Cuba)
- Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – UFESSPA
- Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo - UEA
- Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu – UNEMAT
- Prof. Dr. Carlos Nick – UFV
- Prof. Dr. Claudio Silveira Maia – AJES
- Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – UFGD
- Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva – UEMS
- Profa. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos – IFPA
- Prof. Msc. David Chacon Alvarez – UNICENTRO
- Prof. Dr. Denis Silva Nogueira – IFMT
- Profa. Dra. Denise Silva Nogueira – UFMG
- Profa. Dra. Dennyura Oliveira Galvão – URCA
- Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves – ISEPAM-FAETEC
- Prof. Me. Ernane Rosa Martins – IFG
- Prof. Dr. Fábio Steiner – UEMS
- Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza – UFF
- Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez (Colômbia)
- Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles – UNAM (Peru)
- Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira – IFRR
- Prof. Msc. Javier Revilla Armesto – UCG (México)
- Prof. Msc. João Camilo Sevilla – Mun. Rio de Janeiro
- Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales – UNMSM (Peru)
- Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski – UFMT
- Prof. Msc. Lucas R. Oliveira – Mun. de Chap. do Sul
- Profa. Dra. Keyla Christina Almeida Portela – IFPR
- Prof. Dr. Leandris Argentele-Martínez – Tec-NM (México)
- Profa. Msc. Lidiane Jaqueline de Souza Costa Marchesan – Consultório em Santa Maria
- Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann – UFJF
- Prof. Msc. Marcos Pisarski Júnior – UEG
- Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos – FAQ
- Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla – UNAM (Peru)
- Profa. Msc. Mary Jose Almeida Pereira – SEDUC/PA
- Profa. Msc. Nila Luciana Vilhena Madureira – IFPA
- Profa. Dra. Patrícia Maurer
- Profa. Msc. Queila Pahim da Silva – IFB
- Prof. Dr. Rafael Chapman Auty – UO (Cuba)
- Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke – UFMS
- Prof. Dr. Raphael Reis da Silva – UFPI
- Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo – UEMA
- Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca – UFPI
- Prof. Msc. Wesclen Vilar Nogueira – FURG
- Profa. Dra. Yilan Fung Boix – UO (Cuba)
- Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – UFT

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

Ficha Catalográfica

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)</b> <b>(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
T673	Tópicos em ciência dos alimentos [livro eletrônico] : volume II / Organizador Wesclen Vilar Nogueira. – Nova Xavantina, MT: Pantanal Editora, 2021. 81p.  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web ISBN 978-65-88319-69-7 DOI <a href="https://doi.org/10.46420/9786588319697">https://doi.org/10.46420/9786588319697</a>  1. Alimentos – Análise. 2. Tecnologia de alimentos. I. Nogueira, Wesclen Vilar.  CDD 664.07
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

O conteúdo dos e-books e capítulos, seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva do(s) autor (es) e não representam necessariamente a opinião da Pantanal Editora. Os e-books e/ou capítulos foram previamente submetidos à avaliação pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação. O download e o compartilhamento das obras são permitidos desde que sejam citadas devidamente, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais, exceto se houver autorização por escrito dos autores de cada capítulo ou e-book com a anuência dos editores 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](mailto:contato@editorapantanal.com.br)

## APRESENTAÇÃO

A economia mundial provoca com frequência grandes mudanças nos setores produtivos de alimentos. Desta forma, desafios diários são impostos para que o processamento de alimentos contemple as exigências dos consumidores e legislação vigente. Assim, conhecer alguns pontos que podem interferir ou contribuir para a produção de alimentos é de extrema importância.

Neste sentido, o segundo volume do e-book *Tópicos em Ciência dos Alimentos* aborda pontos importantes para produção de alimentos como: ocorrência de contaminantes em bebidas, determinação de metabólitos secundários de plantas e bioacessibilidade de compostos. Além disso, relata algumas alternativas que contribuem para o aumento da produção de alimentos (e.g. aditivos e melhoramento genético).

O conteúdo abordado demonstra a multidisciplinaridade da área de Ciência dos Alimentos sobre diferentes aspectos e realidades, de modo a suprir a escassez de material na literatura sobre os assuntos muitas vezes desconhecidos. Além disso, contribui para o acesso ao conhecimento em uma linguagem contextualizada e de fácil compreensão aos leitores. Assim, espero que os temas sejam de grande proveito e ofereçam subsídios teórico-metodológicos para profissionais da área de Ciência dos Alimentos e áreas afins.

**O organizador**

## SUMÁRIO

<b>Apresentação</b>	<b>4</b>
<b>Capítulo I</b>	<b>6</b>
Micotoxinas em cervejas: ocorrência e risco de exposição para população brasileira	6
<b>Capítulo II</b>	<b>20</b>
Determinação de compostos fenólicos em frutas e tendências na avaliação dos seus teores bioacessíveis: Uma revisão	20
<b>Capítulo III</b>	<b>41</b>
A importância do melhoramento genético de tilápia na produção de alimentos	41
<b>Capítulo IV</b>	<b>55</b>
A dinâmica do resíduo de ractopamina na produção de suínos: farinha de carne e ossos, tecidos e urina	55
<b>Capítulo V</b>	<b>71</b>
Mitigação de contaminantes em alimentos	71
<b>Índice Remissivo</b>	<b>81</b>

# Micotoxinas em cervejas: ocorrência e risco de exposição para população brasileira

Recebido em: 28/04/2021

Aceito em: 01/05/2021

 10.46420/9786588319697cap1

Wesclen Vilar Nogueira<sup>1\*</sup> 

Rafaela Xavier Giacomini<sup>2</sup>

Sabrina de Oliveira Garcia<sup>3</sup>

Juliane Lima da Silva<sup>4</sup>

Yorrana L. M. Costa<sup>5</sup> 

Jaqueline Garda Buffon<sup>6</sup> 

## INTRODUÇÃO

A cerveja é a segunda bebida alcoólica mais consumida no mundo, representando 34,3% do total de álcool consumido (WHO, 2018). Dentre os países, o Brasil se destaca por ser o terceiro maior produtor a nível mundial, com produção de 14 bilhões de litros ao ano (CERVBRASIL, 2020) e consumo anual correspondendo a 50,5 L (STATISTA, 2020). A cerveja é uma bebida alcoólica fermentada obtida de cereais maltados, água, lúpulo e levedura (Harrison et al., 2017). Porém, outros cereais, denominados adjuntos cervejeiros (e.g. trigo, milho e arroz), podem ser empregados na elaboração da bebida (Farber et al., 2019). Estudos demonstraram que os insumos cervejeiros (e.g. cereais maltados e adjuntos) são frequentemente contaminados por micotoxinas (Blajet-Kosicka et al., 2014; Tarazona et al., 2020; Xu et al., 2019).

As micotoxinas são metabólitos secundários, produzidos por fungos filamentosos toxigênicos quando em condições de estresse, que podem ocasionar efeito tóxico à saúde humana e animal (Bennett et al., 2003). Algumas micotoxinas apresentam estabilidade térmica a altas temperaturas (150 °C) e resistência ao frio, além de serem incolores, inodoras e não alterarem o sabor dos alimentos (Channaiah, 2019). Essas características permitem que esses metabólitos persistam nos alimentos, inclusive na cerveja, mesmo após as diferentes etapas dos processos produtivos (Odhav et al., 2002; Medina et al., 2006; Rubert et al., 2013; Bauer et al., 2016; Piacentini et al., 2017).

Desta forma, nesse capítulo foram descritas informações sobre a ocorrência de micotoxinas em cervejas. Além disso, considerando as menores e maiores níveis de incidência para cada micotoxina, determinou-se o risco de exposição para população brasileira.

---

<sup>1,2,3,4,5,6</sup> Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Escola de Química e Alimentos - EQA, Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos – PPGECA, Rio Grande, RS, Brasil.

\* Autor correspondente: wesclenvilar@gmail.com

## MICOTOXINAS

Os fungos se proliferam em diversos cereais e grãos, principalmente no milho, trigo, cevada, sorgo, aveia e arroz, onde geralmente encontram substrato altamente nutritivo para o seu desenvolvimento (Kirinčić et al., 2015). A produção de micotoxinas ocorre quando os fungos são submetidos a condições de estresse. Nos grãos armazenados, a contaminação com fungos toxigênicos e a produção de micotoxinas são resultados da interação complexa entre umidade, temperatura, substrato, concentração de oxigênio e dióxido de carbono, presença de insetos e fungos (Shwab et al., 2008). Os principais gêneros fúngicos produtores de micotoxinas durante o armazenamento são: *Aspergillus*, *Claviceps* e *Penicillium*.

Nas condições de campo, o estresse pode ocorrer por condições climáticas, pragas, entre outros, que também resultam em perda de vigor da planta, predispondo-a a colonização de fungos toxigênicos (Magan et al., 2007). O gênero *Fusarium* que, geralmente infecta os grãos na lavoura, são fitopatógenos que necessitam de alta umidade, em torno de 20% e temperatura amena. Apesar da menor incidência, é possível o aparecimento de micotoxinas produzidas por algumas espécies de *Fusarium* na fase da pós-colheita (Villa et al., 2009; Munawar et al., 2019).

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, do inglês *Food and Agriculture Organization of the United Nations*), é estimado que 25% da produção mundial anual de grãos e cereais estão contaminados por micotoxinas, gerando assim riscos à saúde humana e animal (FAO, 2002). Entretanto, estudos de longo prazo a nível mundial reportam que aproximadamente 70% dos alimentos podem estar contaminados com pelo menos uma micotoxina (Egbuta et al., 2016; Kosicki et al., 2016; Majeed et al., 2018). As perdas econômicas associadas a este tipo de contaminação em matérias-primas correspondem a bilhões de dólares anuais (Wu, 2007). A contaminação mundial de alimentos com micotoxinas é um problema significativo devido aos danos ocasionados à saúde de animais e humanos (Ji et al., 2016). Desta forma, diversos países estabeleceram legislações referentes aos níveis desses metabólitos em alimentos destinados ao consumo humano e animal, visando regulamentar o controle dos níveis de micotoxinas.

## LEGISLAÇÃO PARA MICOTOXINAS EM ALIMENTOS DESTINADOS A ELABORAÇÃO DE CERVEJAS

Devido ao alto consumo e relatos de incidência de contaminantes bem como sintomas observados após consumo, a contaminação inevitável por micotoxinas gera um problema de para todos os consumidores de cerveja quanto ao consumo de um alimento seguro. Algumas micotoxinas podem apresentar efeitos crônicos mesmo quando o indivíduo é exposto a concentrações muito baixas desses contaminantes (Iamanaka et al., 2010). Desta maneira, para garantir a segurança de alimentos consumidos,

órgãos mundiais determinam, através de regulamentos sanitários, os níveis aceitáveis (ausência de risco à saúde) destes contaminantes em diversos alimentos.

**Quadro 1.** Limite máximo tolerado (LMT) para micotoxinas em alimentos.

Micotoxinas	Alimento	LMT (µg/kg)	Fonte
Aflatoxinas B1, B2, G1 e G2	Cereais e produtos de cereais, exceto milho e derivados, incluindo cevada malteada.	5	Brasil (2011)
	Milho, milho em grão (inteiro, partido, amassado, moído), farinhas ou sêmolas de milho.	20	
Fumonisinias (B1 + B2)	Milho em grão para posterior processamento.	5000	
	Farinha de milho, creme de milho, fubá, flocos, canjica, canjiquinha.	1500	
	Amido de milho e outros produtos à base de milho.	1000	
Ocratoxina A	Cereais para posterior processamento, incluindo grão de cevada.	20	
	Cereais e produtos de cereais, incluindo cevada malteada.	10	
Desoxinivalenol (DON)	Trigo e milho em grãos para posterior processamento.	3000	Brasil (2017)
	Trigo integral, trigo para quibe, farinha de trigo integral, farelo de trigo, farelo de arroz e grão de cevada.	1000	
	Farinha de trigo, massas, crackers, biscoitos de água e sal, e produtos de panificação, cereais e produtos de cereais exceto trigo e incluindo cevada malteada.	750	
Zearalenona	Milho em grão e trigo para posterior processamento.	40	
	Farinha de trigo, massas, crackers e produtos de panificação, cereais e produtos de cereais exceto trigo e incluindo cevada malteada.	100	

A nível global, a Comissão do Codex Alimentarius, formada pela FAO e a Organização Mundial da Saúde (WHO, do inglês *World Health Organization*), é o principal órgão regulamentador para os níveis de contaminação de alimentos e ração animal (Codex Alimentarius, 1995). Contudo existem outros órgãos, em diferentes países, que também delimitam os níveis de contaminação destas substâncias. Na Europa, Estados Unidos da América, Canadá, Austrália, Nova Zelândia, Japão e China o controle dos níveis admissíveis de micotoxinas em alimentos e ração animal são realizados pela Comissão Europeia (EC, do

inglês *European Commission*) (EC, 2006), pela Administração de Alimentos e Medicamentos (FDA, do inglês *Food and Drug Administration* (FDA, 2020), pela Agência Canadense de Inspeção de Alimentos (CFIA, do inglês *Canadian Food Inspection Agency* (CFIA, 2017), pelo Código de Padrões Alimentares da Austrália na Nova Zelândia (FSANZ, do inglês *Australia New Zealand Food Standards Code*) (FSANZ, 2017), pelo Centro de Inspeção de Alimentos e Materiais Agrícolas (FAMIC, do inglês *Food and Agricultural Materials Inspection Center*) (FAMIC, 2019) e Normas nacionais de segurança alimentar da China (GB, do inglês *China National Food Safety Standards*) (GB, 2017), respectivamente. Para os países que compõem o Mercado Comum do Sul (MERCOSUL), são aplicados os limites descritos na Resolução N° 25 (MERCOSUL, 2002).

No Brasil, os limites máximos tolerados (LMT) para micotoxinas em cervejas não são descritos, apenas para as principais matérias-primas utilizadas no processo produtivo. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) através da RDC n° 7 e 138 (BRASIL, 2011; 2017) estabelece esses limites máximos tolerados (LMT) para as principais matérias-primas (Quadro 1). De acordo com a resolução, em casos de produtos não legislados, estes devem considerar os limites estabelecidos para as matérias-primas utilizadas, considerando as proporções relativas, concentração, transformação e diluições destas durante o processamento. Assim, a realização de estudos de ocorrência dessas micotoxinas em insumos cervejeiros e também em cervejas é necessário para que a eficácia das legislações vigentes seja avaliada (Tittlemier et al., 2019).

## **OCORRÊNCIA DE MICOTOXINAS EM CERVEJAS**

Os primeiros relatos de ocorrência de micotoxinas em cerveja datam de 1977 na República da Zâmbia, onde foi verificada ocorrência de ZEN com concentração média de  $920 \mu\text{g L}^{-1}$  em cerveja comercial e artesanal (Lovelace et al., 1977). Desde então, diversos estudos relatam níveis de diferentes micotoxinas em amostras de cerveja consumidas no mundo (Tabela 1), onde o porcentual de amostras contaminadas com micotoxina pode variar de 0 (Lago et al., 2021) a 100% (Piacentini et al., 2015). Logo, pela constante ocorrência em níveis relativamente altos (Bertuzzi et al., 2018; Bryła et al., 2018; Bogdanova et al., 2018; Chilaka et al., 2018; Nigussie et al., 2018; Pascari et al., 2018; Campone et al., 2020; Rausch et al., 2021), estudos focando na determinação desses compostos na cerveja são fundamentais para auxiliar os órgãos responsáveis na implementação de legislações referente a presença de micotoxinas na bebida.

**Tabela 1.** Ocorrência de micotoxinas em cervejas.

Países	Micotoxinas	NA	NAP	CMC ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	Fonte
Alemanha	DON		1	16	
	DON-3G		37	2,5 – 14	
	HT-2		9	2,2 - 3,5	
	OTA	53	1	0,053	
	T-2		2	0,61 - 0,62	
	TeA		1	29	
	TEM		1	0,28	
	ZEN		10	0,25 - 4,5	
Tanzânia	AFB <sub>1</sub>		1	0,044	
	DON-3G	2	1	4,0	
	FB <sub>1</sub>		1	3,7	
Argentina e Chile	AFB <sub>1</sub>	7	1	0,077	
	DON-3G		2	5,6 – 13	
Rússia e Camboja	AFB <sub>1</sub>		1	0,042	Rausch et al. (2021)
	3-ADON		1	6,3	
	DON		2	12 – 22	
	DON-3G		8	3,6 – 38	
	HT-2	10	2	2 - 2,4	
	OTA		3	0,051 - 0,072	
	T-2		6	0,61 - 2,9	
	TeA		6	46 – 104	
TEM		5	0,39 - 0,87		
Bósnia, Herzegovina, Turquia, Bulgária, Holanda, Bélgica, Dinamarca e República Tcheca	AFB <sub>1</sub>		1	0,062	
	DON-3G		7	3,1 - 8,8	
	FB <sub>1</sub>		3	1,0 - 2,6	
	HT-2	15	2	2,0 - 3,0	
	OTA		2	0,11 - 0,30	
	T-2		2	0,68 - 0,99	
	TeA		4	22 – 58	
	TEM		3	0,21 - 0,42	
Itália	FB <sub>1</sub>	19	8	2,9 - 12,3	
	FB <sub>2</sub>		1	0,7	
Escócia	FB <sub>1</sub>	5	1	4,5	Campone et al. (2020)
Reino Unido	FB <sub>1</sub>	5	2	5,9 - 6,6	
	FB <sub>2</sub>		1	0,7	
Bélgica	FB <sub>1</sub>	10	1	0,8	
Eslovênia	FB <sub>1</sub>	3	2	2,1 - 3,2	
Polônia	FB <sub>1</sub>	2	1	1,4	
México	FB <sub>1</sub>	1	1	0,6	
Polândia	NIV		53	0,5 - 7,6	Bryła et al. (2018)
	DON	100	86	1 - 73,6	
	DON-3G		67	2 - 35,8	
Espanha, Alemanha, França, Bélgica, Escócia, Holanda, República Tcheca, Argentina e México	DON		4	20,97 - 43,74	Pascari et al., (2018)
	DON-3G		4	11,94 - 14	
	ZEN	64	12	8,24 - 62,96	
	HT-2		1	23,72	
Letônia	FB <sub>1</sub>		1	32,78	Bogdanova et al. (2018)
	DON	100	51	8,46 – 248	

	AFB <sub>1</sub>		2	0,1 - 0,19	
	HT-2		52	0,5 - 4,9	
	FB <sub>1</sub>		24	6,2 - 48,7	
	T-2		38	0,56 - 5,13	
	STC		7	0,07 - 0,27	
	FB <sub>2</sub>		23	5,02 - 40,5	
Itália	OTA		38	0,007 - 0,07	
	DON	83	21	8,6 - 99	Bertuzzi et al. (2018)
	STC		23	0,001 - 0,018	
Etiópia	AFB <sub>1</sub>		2	11,25 - 11,57	
	AFB <sub>2</sub>	18	4	1,22 - 1,44	Nigussie et al. (2018)
	AFG <sub>2</sub>		6	1,73 - 2,71	
Nigéria	FB <sub>1</sub>		20	63 - 316	
	FB <sub>2</sub>		12	44 - 203	
	HFB <sub>1</sub>		10	57 - 152	
	DON		50	61 - 255	
	15-ADON		3	24 - 36	
	3-ADON	99	4	17 - 37	Chilaka et al. (2018)
	DON-3G		14	18 - 53	
	ZEN		6	22 - 88	
	ZEN-14G		1	27	
	$\alpha$ -ZEL		5	18 - 71	
$\beta$ -ZEL		5	74 - 107		
Brasil	DON	38	16	159 - 648	Barbosa et al. (2020)
	FB <sub>1</sub>	114	56	201,70 - 1568,62	Piacentini et al. (2017)
	DON	17	17	221 - 501	Piacentini et al. (2015)
	FB <sub>1</sub>	8	8	105 - 285	
	FB <sub>1</sub>	58	25	1,2 - 40	Kawashima et al. (2007)
	OTA	123	5	1,03 - 18	
	DON	72	4	50 - 336	Garda et al. (2004)
T-2	72	3	114 - 249		

NA = número de amostras, NAP = número de amostras positivas, CMC = concentração de micotoxinas na cerveja, AFB<sub>1</sub> = aflatoxina B<sub>1</sub>, AFB<sub>2</sub> = aflatoxina B<sub>2</sub>, AFG<sub>2</sub> = aflatoxina G<sub>2</sub>, DON = deoxinivalenol, DON-3G = deoxinivalenol-3-glicoside, FB<sub>1</sub> = fumonisina B<sub>1</sub>, FB<sub>2</sub> = fumonisina B<sub>2</sub>, HFB<sub>1</sub> = fumonisina B<sub>1</sub> hidrolisada, HT-2 = toxina HT-2, OTA = ocratoxina A, T-2 = toxina T-2, TeA = ácido tenuazonico, TEN = tentoxina, ZEN = zearalenona, NIV = nivalenol, STC = esterigmatocistina, ZEN-14-G = zearalenona-14-glicoside, 3-ADON = 3-acetildeoxinivalenol, 15-ADON = 15-acetildeoxinivalenol,  $\alpha$ -ZEL =  $\alpha$ -zearalenol,  $\beta$ -ZEL =  $\beta$ -zearalenol.

## COMPOSIÇÃO DA CERVEJA E SEU IMPACTO NA SAÚDE HUMANA

A cerveja, embora não possa ser classificada como uma importante fonte nutricional, possui em sua composição macro e micronutrientes com efeitos fisiológicos no corpo humano (González-Sanjosé et al., 2017). Segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, do inglês *United States Department of Agriculture*), 100 g de cerveja contém em média 43 kcal, composta por 92 g de água, 0,5 g de proteínas, 3,6 g de carboidratos, 4 g de etanol, 4 mg de cálcio, 0,02 mg de ferro, 6 mg de magnésio, 14 mg de fósforo, 27 mg de potássio, 4 mg de sódio, 0,01 mg de zinco, 0,005 mg de cobre, 0,6  $\mu$ g de selênio, 0,005 mg de tiamina (vitamina B<sub>1</sub>), 0,025 mg de riboflavina (vitamina B<sub>2</sub>), 0,513 mg de niacina (vitamina

B3), 0,046 mg de piridoxina (vitamina B6), 10,1 mg de colina (vitamina B8), 0,02 µg de cobalamina (vitamina B12) e 6 µg de ácido fólico, entre outros constituintes como aminoácidos, compostos fenólicos e polifenóis (USDA, 2020). Segundo Gaetano et al. (2016) e Poli et al. (2013) o consumo moderado de cerveja (1 copo para mulheres e 2 copos para homens, cada copo equivale a 12 g de etanol) reduz o risco de doenças cardiovasculares.

No entanto, esta bebida também é descrita por conter compostos antinutricionais e contaminantes que ocasionam diversos problemas à saúde humana, como nitrosaminas (Fan et al., 2018), carbamato de etila (Li et al., 2017), amina biogênica (Lorencová et al., 2020), micotoxinas (Bauer et al., 2016), metais tóxicos (Pohl, 2009), entre outros. A cerveja não é considerada uma matriz ideal para o crescimento de microrganismos por conter diversos inibidores, como os compostos do lúpulo ( $\alpha$  e  $\beta$ -ácidos), álcool, dióxido de carbono e dióxido de enxofre, poucos nutrientes, oxigênio e baixo pH. Porém, o processo cervejeiro apresenta alguns riscos relativos à segurança microbiológica devido a possibilidade de contaminação por bactérias e fungos toxigênicos. Além disso, é frequentemente relatada a contaminação das matérias-primas cervejeiras por micotoxinas (Bamforth, 2006; Davies, 2006).

As principais micotoxinas estudadas devido aos riscos que oferecem à saúde de humanos e animais são as aflatoxinas - AFs, fumonisinas - FBs, ocratoxina A - OTA, desoxinivalenol - DON e zearalenona - ZEN, pois causam efeitos crônicos. Dentre as AFs, a aflatoxina B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>) é considerada a micotoxina mais tóxica apresentando potencial carcinogênico para animais e humanos (IARC, 2002). A OTA é considerada uma das micotoxinas mais importantes (Schmidt-Heydt et al., 2012), apresentando efeito nefrotóxico, teratogênico (Tiemann et al., 2009) e carcinogênico (Nogueira et al., 2006).

As FBs, apresentam potencial tóxico através da inibição da ceramida sintetase, enzima responsável pela síntese de esfingolípídios (Claudino-Silva et al., 2018). Já a ZEN, apresenta baixa toxicidade para animais, entretanto apresenta risco para humanos e animais devido sua forte atividade estrogênica, apresentando ação relacionada ao controle da ovulação. Desta forma, por possuir semelhança química com a estrutura do hormônio estrogênico 17- $\beta$ -estradiol (Zinedine et al., 2007), pode se ligar tanto aos receptores de estrogênio alfa como beta, agindo como um disruptor endócrino (Kowalska et al., 2018). Além desses efeitos, a ZEN apresenta efeito imunossupressor e teratogênico (Bennett et al., 2003).

Além dessas, destacam-se os diversos compostos da classe dos tricotecenos, com destaque para nivalenol (NIV), deoxinivalenol (DON) e toxina T-2 (Pestka, 2007). Esses metabólitos podem ocasionar distúrbio do trato gastrointestinal de animais (Forsythe, 2013), além de efeitos imunotóxicos (Iqbal et al., 2014). Os tricotecenos ainda são considerados potentes inibidores da síntese proteica em eucarióticos, interferindo nas fases de iniciação, alongação e terminação, fator de pré-disposição a diversas doenças (Pestka, 2007).

## ESTIMATIVA DO RISCO DE EXPOSIÇÃO

A avaliação dos riscos à saúde associados ao consumo de cerveja e exposição a micotoxinas é essencial para apoiar as ações destinadas a garantir um suprimento seguro dessa bebida a população. A ingestão diária (ID) geralmente é calculada como  $\mu\text{g kg}^{-1}$  de peso corporal por dia para cada micotoxina (Piacentini et al., 2015; Pietsch, 2019; Marimón-Sibaja et al., 2021). Desta forma, a ID foi estimada assumindo os menores níveis de contaminação como ingestão mínima e os maiores como ingestão máxima para cada micotoxina ocorrente nos estudos desenvolvidos no Brasil conforme reportados na Tabela 1. Para os cálculos foi estabelecido uma massa corporal média para adultos de 72 kg para homens e 60 kg para mulheres, com base nos dados para população brasileira estabelecidos por Adair et al. (2013) e consumo médio de cerveja de 50,5 L anual, 0,14 L dia<sup>-1</sup> (Statista, 2020). A ID foi estimada através da Equação 1.

$$\text{ID } \mu\text{g/kg*dia} = \frac{\text{ingestão de cerveja } \left(\frac{\text{mL}}{\text{dia}}\right) \times \text{micotoxina na cerveja } \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{mL}}\right)}{\text{massa corporal (kg)}} \quad (1)$$

Tabela 2 resume a ingestão diária (ID) de micotoxinas estimada em termos de concentração mínima e máxima para a população adulta no Brasil. Os valores de ID estimados para população brasileira foram superiores aos recomendados como seguros pela EC (2006) e FAO (2001) para FB<sub>1</sub>, DON, T-2 (tricotecenos do grupo A), FB<sub>1</sub> e OTA, com destaque para mulheres. Os valores recomendados pela EC (2006) e FAO (2001) indicam níveis de ingestão diária de 2; 1; 0,06 e 0,017  $\mu\text{g kg}^{-1}$  de peso corporal dia<sup>-1</sup> para FB<sub>1</sub>, DON, T-2 (tricotecenos do grupo A), FB<sub>1</sub> e OTA, respectivamente.

Ao considerar a média de consumo de cerveja per capita no Brasil ao ano, pode-se evidenciar que a população está exposta a níveis superiores aos considerados seguros para saúde humana conforme recomenda a EC (2006) e FAO (2001). Isso evidencia a necessidade de investigação quanto a ocorrência de micotoxinas em cerveja, bem como a necessidade de estudo sobre a bioacessibilidade e biodisponibilidade desses metabolitos para humanos.

Para fumonisinas, uma atenção especial deve ser dada devido a sua classificação pela Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC, do inglês *International Agency for Research on Cancer*) (IARC, 2002), grupo 2B como possivelmente cancerígeno para humanos e animais (IARC, 2002). Essa micotoxina pode ter origem nas matérias-primas utilizadas para na produção de cerveja e por apresentar estabilidade térmica e relativa solubilidade em água (Inoue et al., 2013), justificando a sua ocorrência (Piacentini et al., 2017), bem como o risco estimado para homens e mulheres que consomem a bebida no Brasil. As fumonisinas, apresentam ação relacionada a interferência da biossíntese de esfingolipídios e receptores de superfície celular. Também pode interferir na regulação dos fatores de crescimento, bombas de íons, e

outros sistemas vitais para o funcionamento e sobrevivência da célula. Além disso, apresentam potencial imunossupressores, podendo aumentar a susceptibilidade às outras enfermidades (Gonçalves et al., 2017).

**Tabela 2.** Estimativa da Ingestão diária (ID) de micotoxinas para população brasileira pelo consumo de cerveja.

Ingestão	Micotoxina	ID $\mu\text{g kg}^{-1}$ peso corporal $\text{dia}^{-1}$	
		Homens	Mulheres
Mínima	DON	0,0972	0,1166
	FB <sub>1</sub>	0,0023	0,0028
	OTA	0,0020	0,0024
	T-2	0,2216	0,2660
Máxima	DON	1,2600	1,5120
	FB <sub>1</sub>	3,0500	3,6601
	OTA	0,0350	0,0420
	T-2	0,4841	0,5810

## CONCLUSÃO

Os dados apresentados demonstraram a ocorrência de micotoxinas em cervejas consumidas pela população brasileira. A alta incidência de micotoxinas em matérias-primas representa uma preocupação devido a transferência vertical no processo cervejeiro. Além disso, a estimativa da ID de micotoxinas como DON, OTA, toxina T2 e FB<sub>1</sub> para a população brasileira a partir do consumo de cerveja expõe que os valores estimados são superiores aos recomendados como seguro para o consumo diário.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adair LS et al. (2013). Associations of linear growth and relative weight gain during early life with adult health and human capital in countries of low and middle income: findings from five birth cohort studies. *The Lancet*, 382(9891): 525-534.
- Associação Brasileira da Indústria da Cerveja - CERVBRAZIL. Anuário 2019 e Dados do setor cervejeiro nacional. Disponível em: <http://www.cervbrasil.org.br>. Acesso em: 01 de fevereiro de 2021.
- Australia New Zealand Food Standards Code – FSANZ (2017). Schedule 19, Maximum levels of contaminants and natural toxicants. Prepared by Food Standards Australia New Zealand on 13 April 2017. Australian Government, Federal Register of Legislation. Disponível em: <<https://www.legislation.gov.au/Details/F2017C00333>>. Acesso em 15 de fevereiro de 2021.
- Bamforth CW (2006). *Brewing: New technologies*. [s.l.] Woodhead Publishing Limited.

- Barbosa AC et al. (2020). Development and validation of an analytical method for the extraction, identification, and quantification of multi-mycotoxins in beer using a modified QuEChERS procedure and UHPLC-MS/MS. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 1(1): 1-14.
- Bauer JI et al. (2016). Investigations on the occurrence of mycotoxins in beer. *Food Control*, 63(1): 135-139.
- Bennett JW et al. (2003). Mycotoxins. *Clinical microbiology reviews*, 16(3): 497-516.
- Bertuzzi T et al. (2018). Known and emerging mycotoxins in small- and large-scale brewed beer. *Beverages*, 4(2): 1-8.
- Blajet-Kosicka A et al. (2014) Co-occurrence and evaluation of mycotoxins in organic and conventional rye grain and products. *Food Control*, 38(1): 61-66.
- Bogdanova E et al. (2018). Occurrence and risk assessment of mycotoxins, acrylamide, and furan in Latvian beer. *Food Additives & Contaminants: Part B*, 11(2): 126-137.
- Brasil. Resolução RDC n ° 7, de 18 de fevereiro de 2011. características sobre limites máximos tolerados (LMT) para micotoxinas em alimentos. *Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 37, p. 72, 22 fev. 2011.*
- Brasil. Resolução RDC n ° 138, de 8 de fevereiro de 2017. *Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 138, p. 1-3, 8 fev. 2017.*
- Bryla M. et al. (2018). Co-occurrence of nivalenol, deoxynivalenol and deoxynivalenol-3-glucoside in beer samples. *Food Control*, 92(1): 319-24.
- Canadian Food Inspection Agency - CFIA (2020). RG-8 Regulatory Guidance: Contaminants in Feed (formerly RG-1, Chapter 7), Section 1: Mycotoxins in livestock feed. Date modified: october, 2017. Disponível em: <<https://www.inspection.gc.ca/animal-health/livestock-feeds/regulatory-guidance/rg-8/eng/1347383943203/1347384015909?chap=0#c1>>. Acesso em: 17 de março de 2021.
- Campone L et al. (2020). Determination of mycotoxins in beer by multi heart-cutting two-dimensional liquid chromatography tandem mass spectrometry method. *Food Chemistry*, 318(1): 126496.
- Channaiah LH (2019). An overview of mycotoxicosis and human's health concerns: a mini-review. *Health Perspect*, 107(3): 469-472.
- Chilaka CA et al. (2018). Quantification of Fusarium mycotoxins in Nigerian traditional beers and spices using a multi-mycotoxin LC-MS/MS method. *Food Control*, 87(1): 203-210.
- China Food Safety National Standard – GB (2017). National food safety standards -Limited edition of mycotoxins in food, China Food Safety National Standard GB 2761-2017. Released March 17, 2017, implemented September 17, 2017. Disponível em:

- <<https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/GB2761-2017>>. Acesso em: fevereiro de 2021.
- Claudino-Silva SC et al. (2018). Fumonisin B1 + B2 change the expression of genes in apoptosis balance in Nile tilapia fingerlings. *Aquaculture*, 488(1): 155-160.
- Codex Alimentarius (1995). Codex general standard for contaminants and toxins in food and feed. Roma: Codex Standard. 225p.
- Davies N (2006). Malt and malt products. Bamforth C (org.). Cambridge, UK: Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, 68-101p.
- De Gaetano G et al. (2016). Effects of moderate beer consumption on health and disease: A consensus document. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 26(6): 443-467.
- Egbuta MA et al. (2016). Comparative analysis of mycotoxigenic fungi and mycotoxins contaminating soya bean seeds and processed soya bean from Nigerian markets. *Advances in Microbiology*, 6(1): 1130-1139.
- EC - European Commission (2006). Commission Regulation (EC) n° 401/2006 of 23 february 2006, Laying down the methods of sampling and analysis for the official control of the levels of mycotoxins in foodstuffs. *Official Journal of the European Union*, 70(1): 12-34.
- Fan CC et al. (2018). N-nitrosamines in drinking water and beer: Detection and risk assessment. *Chemosphere*, 200(1): 48-56.
- Farber M et al. (2019). *Mastering Brewing Science: Quality and Production*. 1 ed. Nova Jersey: Wiley. 592p.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations (2001). Safety evaluation of certain mycotoxins in food. 1 ed. FAO, Rome. 712p.
- FAO - Food and Agriculture Organization (2002). Manual on the application of the HACCP system in mycotoxin prevention and control. 1 ed. Roma: FAO. 124p.
- FDA - Food and Drug Administration (2020). Natural Toxins. U.S. Food and Drug Administration. Disponível em: <<https://www.fda.gov/food/guidance-documents-regulatory-information-topic-food-and-dietary-supplements/chemical-metals-natural-toxins-pesticides-guidance-documents-regulations>>. Acesso em: 18 de janeiro de 2021.
- FAMIC - Food and Agricultural Materials Inspection Centre (2019). Regulation value of pesticides, heavy metals and mycotoxins (administrative guideline) (Revised in nov. 17, 2019). Food and Agricultural Materials Inspection Centre. Disponível em: <[http://www.famic.go.jp/ffis/feed/r\\_safety/r\\_feeds\\_safety22.html](http://www.famic.go.jp/ffis/feed/r_safety/r_feeds_safety22.html)>. Acesso em: 16 de janeiro de 2021.
- Garda J et al. (2004). Determinação de tricotecenos em cerveja e avaliação de incidência no produto comercializado no Rio Grande Do Sul. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 24(4): 657-663.

- Garcia SO et al. (2020). Peroxidase as a simultaneous degradation agent of ochratoxin A and zearalenone applied to model solution and beer. *Food Research International*, 131(1): 109039.
- González-Sanjosé ML et al. (2017). Beer and its role in human health. Frias J et al. (org.) Massachusetts: Academic Press. 365-384p.
- Gonçalves B et al. (2017). Mycotoxins: a review about the main diseases triggered in human and animal organisms. *Revista de Saúde da Faciplac*, 4(1): 1-12.
- Harrison MA et al. (2017). Beer/Brewing. Reference Module in Life Sciences (org.). Amsterdã: Elsevier. 467-477p.
- Iamanaka BT et al. (2010). Mycotoxins in foods. *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica*, 7(1):138-161.
- Inoue et al. (2013). Fate of mycotoxins during beer brewing and fermentation. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 77(7): 1410-1415.
- IARC - International Agency for Research on Cancer (2002). Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Lyon: IARCpress. 601p.
- Iqbal SZ et al. (2014). Natural incidence of aflatoxins, ochratoxin A and zearalenone in chicken meat and eggs. *Food Control*, 43(1): 98-103.
- Ji C et al. (2016). Review on biological degradation of aflatoxin, zearalenone and deoxynivalenol. *Animal Nutrition*, 2(3): 127-133.
- Kawashima LM et al. (2007). Fumonisin B1 and ochratoxin A in beers made in Brazil Fumonisin B1 e ocratoxina A em cervejas fabricadas no Brasil. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 27(2): 317-323.
- Kirinčič S et al. (2015). Mycotoxins in cereals and cereal products in Slovenia – Official control of foods in the years 2008–2012. *Food Control*, 50(1): 157-165.
- Kowalska K et al (2018). Estrogen receptor  $\alpha$  is crucial in zearalenone-induced invasion and migration of prostate cancer cells. *Toxins*, 28(1): 1-15.
- Lago LO et al. (2021). QuEChERS-LC-QTOFMS for the simultaneous determination of legislated and emerging mycotoxins in malted barley and beer using matrix-matched calibration as a solution to the commercial unavailability of internal standards for some mycotoxins. *Food Chemistry*, 345(1): 128744.
- Li G et al. (2017). A survey of ethyl carbamate in beer from Chinese market. *Food Control*, 79(1): 254-257.
- Lorencová E et al. (2020). Biogenic amines occurrence in beers produced in Czech microbreweries. *Food Control*, 1(1): 107335.
- Magan N et al. (2007). Post-harvest control strategies: Minimizing mycotoxins in the food chain. *International Journal of Food Microbiology*, 119(2): 131-39.

- Majeed S (2018). Multiple mycotoxins in rice: occurrence and health risk assessment in children and adults of Punjab, Pakistan. *Toxins*, 10(1): 1-30.
- Marimón-Sibaja KV (2021). Dietary exposure assessment of aflatoxin M1 in milk and dairy products of Latin America. *Food Reviews International*, 1(1): 1-14.
- Marin S. et al. (2013). Mycotoxins: Occurrence, toxicology, and exposure assessment. *Food and Chemical Toxicology*, 60(1): 218-237.
- Medina A et al. (2006). New method for determination of ochratoxin A in beer using zinc acetate and solid-phase extraction silica cartridges. *Journal of chromatography. A*, 1121(2): 178-83.
- MERCOSUL - Mercado Comum do Sul (2002). Reglamento técnico MERCOSUR sobre límites máximos de aflatoxinas admisibles en leche, maní y maíz. GMC/RES. N° 25/02. Disponível em: <https://www.mercosur.int/>. Acesso em 30 de janeiro de 2021.
- Munawar H et al. (2019). Utilization of synthetic antibody for fumonisin determination in feed and food. *Wartazoa*: 29(2): 51-60.
- Nigussie A et al. (2018). Level of aflatoxins in industrially brewed local and imported beers collected from Ethiopia market. *Cogent Food & Agriculture*, 4(1): 1453317.
- Nogueira S et al. (2006). Ochratoxin A prevalence in food and consequent food safety problems. *Revista da Sociedade Portuguesa de Ciências da Nutrição e Alimentação*, 12(1) 69-75.
- Odhav B et al. (2002). Mycotoxins in South African traditionally brewed beers. *Food Additives and Contaminants*, 19(1): 55-61.
- Pascari X et al. (2018). Survey of mycotoxins in beer and exposure assessment through the consumption of commercially available beer in Lleida, Spain. *LWT - Food Science and Technology*, 92(1): 87-91.
- Pestka J (2007). Deoxynivalenol: Toxicity, mechanisms and animal health risks. *Animal Feed Science and Technology*, 137(1): 283-298.
- Piacentini KC et al. (2015). Quality and occurrence of deoxynivalenol and fumonisins in craft beer. *Food Control*, 50(1): 925-929.
- Piacentini KC et al. (2017). Mycotoxin analysis of industrial beers from Brazil: The influence of fumonisin B1 and deoxynivalenol in beer quality. *Food Chemistry*, 218(1): 64-69.
- Pietsch C (2019). Food safety: the risk of mycotoxin contamination in fish. Sabuncuoglu S (org.). *Mycotoxins and food safety*. Turquia: Intech Open, 1(1): 1-25.
- Pohl P (2009). Metals in beer. Preedy VR (org.). Massachusetts: Academic Press. 349-358p.
- Poli A et al. (2013). Moderate alcohol use and health: A consensus document. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 23(6): 487-504.

- Rausch AK et al. (2021). Development and validation of a liquid chromatography tandem mass spectrometry multi-method for the determination of 41 free and modified mycotoxins in beer. *Food Chemistry*, 338(1): 127801.
- Rubert J et al. (2013). Mass spectrometry strategies for mycotoxins analysis in European beers. *Food Control*, 30(1): 122-128.
- Schmidt-Heydt M et al. (2012). The biosynthesis of ochratoxin A by *Penicillium* as one mechanism for adaptation to NaCl rich foods. *Food Microbiology*, 29(1): 233-241.
- Shwab EK et al. (2008). Regulation of secondary metabolite production in filamentous ascomycetes. *Mycological Research*, 112(2): 225-230.
- STATISTA. Global beer production 1998-2018. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/270275/worldwide-beer-production/>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2021.
- Tarazona A et al. (2020). Study on mycotoxin contamination of maize kernels in Spain. *Food Control*, 118(1): 107370.
- Tiemann U (2009). The mycotoxins alternariol and alternariol methyl ether negatively affect progesterone synthesis in porcine granulosa cells in vitro. *Toxicology Letters*, 186(1) 139-145.
- Tittlemier SA et al. (2019). Developments in mycotoxin analysis: an update for 2017-2018. *World Mycotoxin Journal* 12(1): 3-29.
- USDA - United States Department of Agriculture (2020). Beer. National Nutrient Database for Standard Reference. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. Disponível em: <<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/789593/nutrients>>. Acesso em: 26 de dezembro de 2020.
- Villa P et al. (2009). Aflatoxin B1 and ochratoxin A in breakfast cereals from athens market: occurrence and risk assessment. *Food Control*, 20(1): 455-461.
- WHO - World Health Organization (2018). Global status report on alcohol and health 2018. In *World Health Organization*, 2018. Disponível em:<<https://www.who.int/publications/i/item/9789241565639>> Acessado em 14 de fevereiro de 2021.
- Wu F (2007). Measuring the economic impacts of *Fusarium* toxins in animal feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 137(4): 363-374.
- Xu W et al. (2019). Co-occurrence of multi-mycotoxins in wheat grains harvested in Anhui province, China. *Food Control*, 96(1): 180-185.
- Zinedine A et al. (2007). Review on the toxicity, occurrence, metabolism, detoxification, regulations and intake of zearalenone: An oestrogenic mycotoxin. *Food and Chemical Toxicology*, 45(1): 1-18.

**ÍNDICE REMISSIVO**

**A**

agrotóxicos, 72, 73  
alimentos, 4, 6, 7, 8, 15, 21, 22, 23, 24, 25, 28,  
30, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 42, 43, 44, 48, 49,  
50, 56, 58, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 81  
aproveitamento, 44, 48, 50

**B**

bebida alcoólica, 6  
bioacessibilidade, 4, 13, 22, 29, 31, 32, 33, 34,  
35, 36, 37  
bioatividade, 22, 24, 30  
biodisponibilidade, 13, 22, 29, 30, 31, 32  
Brasil, 3, 6, 8, 9, 11, 13, 14, 15, 17, 21, 30, 32, 35,  
36, 37, 42, 43, 44, 45, 46, 49, 51, 52, 53, 54,  
56, 57, 58, 62, 63, 68, 69

**C**

cadeia produtiva, 44, 45, 46, 52, 72, 78  
cloridrato de ractopamina, 56  
contaminantes de processamento, 72

**D**

Desoxinivalenol, 9

**F**

farinha de carne e ossos, 56, 57, 59, 66, 70

**I**

ingestão diária, 13, 57, 58

**L**

limite  
de detecção, 61  
de quantificação, 61, 66  
máximo de resíduos, 58

**M**

melhoramento genético, 4, 42, 43, 44, 46, 48, 50,  
51, 52, 54  
metais pesados, 72, 73  
micotoxinas, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 72, 73,  
74, 75, 76

**O**

*Oreochromis niloticus*, 42, 53, 55

**P**

piscicultura, 43, 46, 47, 54  
processamento de alimentos, 4



 **Wesclen Vilar Nogueira**

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



ISBN 978-658831969-7



9

786588

319697

**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](mailto:contato@editorapantanal.com.br)

