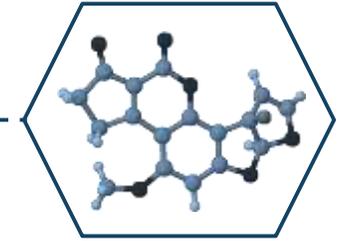




Micotoxinas: Cenário Atual

Andréia Bianchini, Ph.D.
University of Nebraska - Lincoln

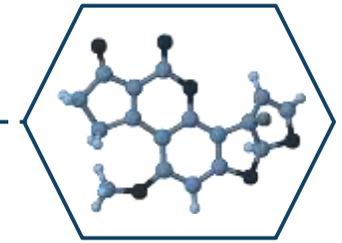
Micotoxinas



- ✓ Ocorrem naturalmente na natureza
- ✓ Número grande e diverso de toxinas fúngicas
- ✓ Número real é desconhecido (milhares?)
- ✓ Compostos tóxicos à plantas, animais e humanos

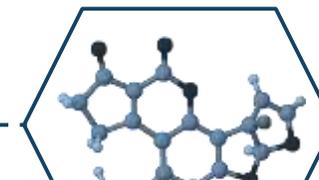


Ocorrência de Micotoxinas em Rações Pet



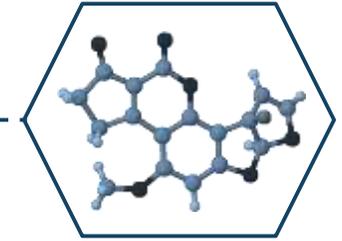
Localização	Produto	# Amostras	Taxa de Ocorrência	Níveis Máximos	Referência
Slough (UK)	Cão, gato e pássaro	100	AFB ₁ 2% OTA 10% FUM 30%	AFB ₁ 370 µg/Kg OTA 7 µg/Kg FUM 690 µg/Kg	Scudamore <i>et al.</i> , 1997
Texas (USA)	Pássaros silvestres	142	AFL 17% (>100 g/Kg)	AFL2780 µg/Kg	Henke <i>et al.</i> , 2001
Brazil	Cão, gato e pássaro	100	AFL 12%	AFB ₁ 256 µg/Kg	Maia e Siqueira, 2002
Turquia	Ração de cães	18	AFL 16.7%	AFL 20 µg/Kg	Gunsen e Yaroglu, 2002
Portugal	Cão, gato e pássaro	60	OTA 8.3% DON 5% FUM 5%	OTA 3.6 µg/Kg DON 130 µg/Kg FUM 24 µg/Kg	Martins e Martins, 2003
Austria e Polônia	Cão e gato	40	OTA 47%	OTA 13.1 µg/Kg	Puhringer <i>et al.</i> , 2003
Polonia	Ração pet	57	ZEA 84%	ZEA 299.5 µg/Kg	Zwierzchowski <i>et al.</i> , 2004
Brazil	Ração pet	123	AFL 4.9% (>50 µg/Kg) ZEA 15.5% (>50 µg/Kg)		Scussel <i>et al.</i> , 2006

Surto Causados por Rações Animais



Ano/Localidade	Magnitude	Dieta	Nível de Micotoxina	Referência
1951/EUA	71 casos em cães, com várias mortes	Ração comercial produzida com milho contaminado	Desconhecido	Bailey et al., 1959
1986/Georgia (EUA)	20 casos em cães, com 9 mortes	Ração contaminada (farinha de milho e soja, gordura e suplemento mineral)	Aflatoxina B ₁ 465 µg/Kg Aflatoxina B ₂ 46 µg/Kg	Liggett et al., 1986
1987/Germany	Morte de 6 filhotes de cães	Leite em pó para filhotes	Ocratoxina A 6.8 µg/Kg	Gareis et al., 1987
1987/Pretoria (África do Sul)	Morte em 10 cães	Ração comercial contaminada	Aflatoxinas 100-300 µg/Kg	Bastianello, 1987
1991/Austria	3 casos em pássaros	Diversos tipos de rações comerciais	Aflatoxina B ₁ 20 µg/Kg Nivalenol 2 mg/Kg DON 0.3 mg/Kg	Böhm e Hochleithner, 1991
2002/África do Sul	2 casos em cães (vômito e tremores)	Arroz mofado	Penitrem A 2.6 mg/Kg Roquefortina 34 mg/Kg	Naude et al., 2002
2005/EUA	Morte de 100 cães	19 formulações diferentes de rações comerciais	Aflatoxinas 223-579 µg/Kg	Stenske et al., 2006; Newman et al., 2007
2006/Korea	Morte de 3 cães	Nefrotoxinas fúngicas na dieta	Desconhecido	Jeong et al., 2006
2011/Africa do Sul	Morte de 220 cães (estimativa)	Rações de baixo custo	Aflatoxinas (níveis de até 4946 µg/kg)	Arnot et al., 2012
2021/EUA	Morte de 110 animais, 220 animais doentes	Ração commercial contaminada	Aflatoxinas (níveis não determinados)	FDA website

Segurança Alimentar na Produção de Rações



- Problemas com a saúde do animal
 - Baixa reprodução e performance
 - Supressão do crescimento e sistema imune
 - Morte
- Perdas econômicas
 - Perdas e paradas na produção
 - Custo de reparos e modificações
 - Custo de reprocesso
 - Perda de negócios
 - Recall de produto
 - Responsabilidade jurídica
- Danos emocionais
 - Proprietários dos animais, especialmente de estimação



Ocorrência de Micotoxinas em Grãos e Insumos



Origem



- **Pré-Colheita: Fungos de Campo**

- Mais comuns: *Alternaria* spp. e *Fusarium* spp.
- Requerem altos conteúdos de umidade (18%)
- São encontrados na planta e no grão em formação

- Desoxinivalenol
- Nivalenol
- Fumonisinias
- Alternariols
- Toxina HT-2
- Toxina T-2
- Zearalenona



Origem



- **Pós-Colheita: Fungos de Estocagem**

- Mais comuns: *Aspergillus* spp. and *Penicillium* spp.
- Requerem conteúdos de umidades mais baixos (13-18%)
 - Aflatoxinas
 - Citrinina
 - Patulina
 - Ocratoxinas



Ocorrência de Micotoxinas em Milho



Number of samples: 250

Mycotoxin occurrence %		
Fusaric acid	77.94	<div style="width: 77.94%;"></div>
Type B trichothecenes	75	<div style="width: 75%;"></div>
Emerging mycotoxins	68.38	<div style="width: 68.38%;"></div>
Fumonisin	58.09	<div style="width: 58.09%;"></div>
Zearalenone	21.32	<div style="width: 21.32%;"></div>
Type A trichothecenes	7.35	<div style="width: 7.35%;"></div>
Other Penicillium	5.88	<div style="width: 5.88%;"></div>

Average concentrations (ppb) of mycotoxins in all samples		
Aflatoxins B1	0	
Aflatoxins, total	0	
Ochratoxins/Citrinin	0	
Type B - trichothecenes	949	<div style="width: 94.9%;"></div>
Type A - trichothecenes	22.7	
Fumonisin	1,373.8	<div style="width: 137.38%;"></div>
Zearalenone	112.5	<div style="width: 11.25%;"></div>
Fusaric acid	111.1	<div style="width: 11.11%;"></div>
Emerging mycotoxins	229.4	<div style="width: 22.94%;"></div>
Other Penicillium	3.1	
Other Aspergillus	0	
Ergot toxins	0	

Maximum levels detected (ppb)		
Aflatoxins B1	0	
Aflatoxins, total	0	
Ochratoxins/Citrinin	0	
Type B - trichothecenes	9,641	<div style="width: 96.41%;"></div>
Type A - trichothecenes	2,335	<div style="width: 23.35%;"></div>
Fumonisin	31,630	<div style="width: 316.3%;"></div>
Zearalenone	2,690	<div style="width: 26.9%;"></div>
Fusaric acid	2,627	<div style="width: 26.27%;"></div>
Emerging mycotoxins	1,906	<div style="width: 19.06%;"></div>
Other Penicillium	140	
Other Aspergillus	0	
Ergot toxins	0	

América do Norte
2021

Cortesia: Alltech, 2022.



Ocorrência de Micotoxinas em Milho



Number of samples: 636

Mycotoxin occurrence %	
Aflatoxins, total	24
Ochratoxins/Citrinin	12
Type B - trichothecenes	10.6
Type A - trichothecenes	14
Fumonisin	42
Zearalenone	3
Fusaric acid	23
Emerging mycotoxins	35
Other Penicilliums	8
Other Aspergillus	4
Ergot toxins	2

Average concentrations (ppb) of mycotoxins in all samples	
Aflatoxins, total	14
Ochratoxins/Citrinin	13
Type B - trichothecenes	752
Type A - trichothecenes	186
Fumonisin	2425
Zearalenone	119
Fusaric acid	53
Emerging mycotoxins	57
Other Penicilliums	1
Other Aspergillus	0
Ergot toxins	0

Maximum levels detected (ppb)	
Aflatoxins, total	96
Ochratoxins/Citrinin	62
Type B - trichothecenes	3,710
Type A - trichothecenes	2,545
Fumonisin	23,200
Zearalenone	306
Fusaric acid	1,746
Emerging mycotoxins	3,908
Other Penicilliums	484
Other Aspergillus	9
Ergot toxins	2

Europa 2021

Cortesia: Alltech, 2022.

Ocorrência de Micotoxinas em Milho



Number of samples: 218

Average concentration of mycotoxins above LOQ

Average mycotoxin concentrations (ppb)	
Aflatoxins	7.6
Deoxynivalenol	706.1
Fumonisin	1627.1
Ochratoxin	2.5
T2/HT2 toxins	55.1
Zearalenone	167.7

Maximum concentration of mycotoxins

Maximum mycotoxin concentration (ppb)	
Aflatoxins	32
Deoxynivalenol	4300
Fumonisin	9400
Ochratoxin	4
T2/HT2 toxins	55
Zearalenone	595

América Latina 2021

Cortesia: Alltech, 2022.

Ocorrência de Micotoxinas em Trigo e Cevada



Number of samples: 356

Mycotoxin group occurrence %	
Type B-trichothecenes	87.36
Emerging mycotoxins	76.69
Fumonisin	7.58
Type A-trichothecenes	7.30
Other Aspergillus	7.02
Fusaric acid	5.62
Ergot Toxins	4.78
Other Penicillium	2.25
Aflatoxin B ₁	1.12
Aflatoxins, total	1.12
Zearalenones	1.12
Ochratoxins/Citrinin	0.84

Average concentrations (ppb) of mycotoxins in all samples	
Aflatoxin B ₁	0.0
Aflatoxins, total	0.0
Ochratoxins/Citrinin	0.2
Type B-trichothecenes	136.2
Type A-trichothecenes	5.8
Fumonisin	2.6
Zearalenones	1.4
Fusaric acid	2.6
Emerging mycotoxins	85.4
Other Penicillium	0.9
Other Aspergillus	0.6
Ergot toxins	3.3

Average concentrations (ppb) of mycotoxins only in samples with mycotoxins above detectable limits	
Aflatoxin B ₁	1.8
Aflatoxins, total	1.8
Ochratoxins/Citrinin	28.3
Type B-trichothecenes	155.9
Type A-trichothecenes	80.0
Fumonisin	33.7
Zearalenones	123.5
Fusaric acid	46.6
Emerging mycotoxins	111.3
Other Penicillium	38.2
Other Aspergillus	9.2
Ergot Toxins	69.5

Europa 2021

Cortesia: Alltech, 2022.

Ocorrência de Micotoxinas em Trigo e Cevada



Number of samples: 340

Average concentration of mycotoxins above LOQ

Average mycotoxin concentrations (ppb)	
Aflatoxins	3.8
Deoxynivalenol	480.6

Maximum concentration of mycotoxins

Maximum mycotoxin concentration (ppb)	
Aflatoxins	4
Deoxynivalenol	1300
T2/HT2 toxins	32
Zearalenone	22

Canada 2021

Cortesia: Alltech, 2022.

Ocorrência de Micotoxinas em Soja



Number of samples: 71

Average concentration of mycotoxins above LOQ

Average mycotoxin concentrations (ppb)		
Deoxynivalenol	402	<div style="width: 40%;"></div>
Fumonisins	663.6	<div style="width: 66%;"></div>
Zearalenone	102.3	<div style="width: 10%;"></div>

Maximum concentration of mycotoxins

Maximum mycotoxin concentration (ppb)		
Aflatoxins	2	<div style="width: 0%;"></div>
Deoxynivalenol	600	<div style="width: 6%;"></div>
Fumonisins	4100	<div style="width: 41%;"></div>
T2/HT2 toxins	33	<div style="width: 0.3%;"></div>
Zearalenone	178	<div style="width: 1.8%;"></div>

América Latina 2021

Cortesia: Alltech, 2022.

Ocorrência de Micotoxinas em Sub-Produtos do Milho



Mycotoxin occurrence %	
Type B - trichothecenes	96.88
Fumonisins	93.75
Zearalenone	87.5
Fusaric acid	68.75
Emerging mycotoxins	34.38
Aflatoxin B1	25
Aflatoxins, total	25
Other Penicilliums	9.38

Maximum mycotoxin levels detected (ppb)	
Aflatoxin B1	94
Aflatoxins, total	105
Ochratoxins/Citrinin	0
Type B - trichothecenes	12114
Type A - trichothecenes	0
Fumonisins	16640
Zearalenone	40466
Fusaric acid	2827
Emerging mycotoxins	218
Other Penicilliums	52
Other Aspergillus	0
Ergot toxins	0

Average concentrations of mycotoxins (ppb) of mycotoxins only in samples with mycotoxins above detectable limits	
Aflatoxin B1	35.2
Aflatoxins, total	44.4
Type B - trichothecenes	2350
Fumonisins	4044.7
Zearalenone	2025.5
Fusaric acid	943.8
Emerging mycotoxins	68
Other Penicilliums	40.9

América Latina,
Europa e China

Cortesia: Alltech, 2022.

2021

Ocorrência de Micotoxinas em Grãos em 2021



- **Grãos colhidos em 2021** apresentaram **riscos mais altos** comparados com o ano anterior
- **Milho** apresentou **mais risco** do que **trigo e a cevada**
- Condições foram **favoráveis** ao desenvolvimento de **zearalenone**
- **Sub-produtos** estão associados a **um maior risco** que os **grãos** que os originaram



Micotoxinas Associadas à Produtos Agrícolas



Micotoxina	Fungos Produtores	Produtos Susceptíveis
Aflatoxinas B ₁ , B ₂ , G ₁ , and G ₂	<i>A. flavus</i> <i>A. parasiticus</i> <i>A. nomius</i>	Amendoim, milho, algodão
Aflatoxinas M ₁ and M ₂	Metabólitos das aflatoxinas B ₁ e B ₂	Leite e produtos lácteos
Patulina	<i>P. expansum</i>	Suco de maçã e produtos à base de maçã
Ocratoxina A	<i>P. verrucosum</i> <i>A. ochraceus</i>	Cereais, leguminosas e café
Tricotecenos	<i>F. sporotrichioides</i> <i>F. poae</i> <i>F. graminearum</i> <i>F. culmorum</i>	Cereais, trigo e milho
Zearalenona	<i>F. graminearum</i> <i>F. culmorum</i> <i>F. crookwellense</i>	Miho

Co-Ocorrência de Micotoxinas em Milho



Distribution of number of mycotoxins in selected samples

Number of samples: 250

5.2

Micotoxinas por amostra em média

0-13

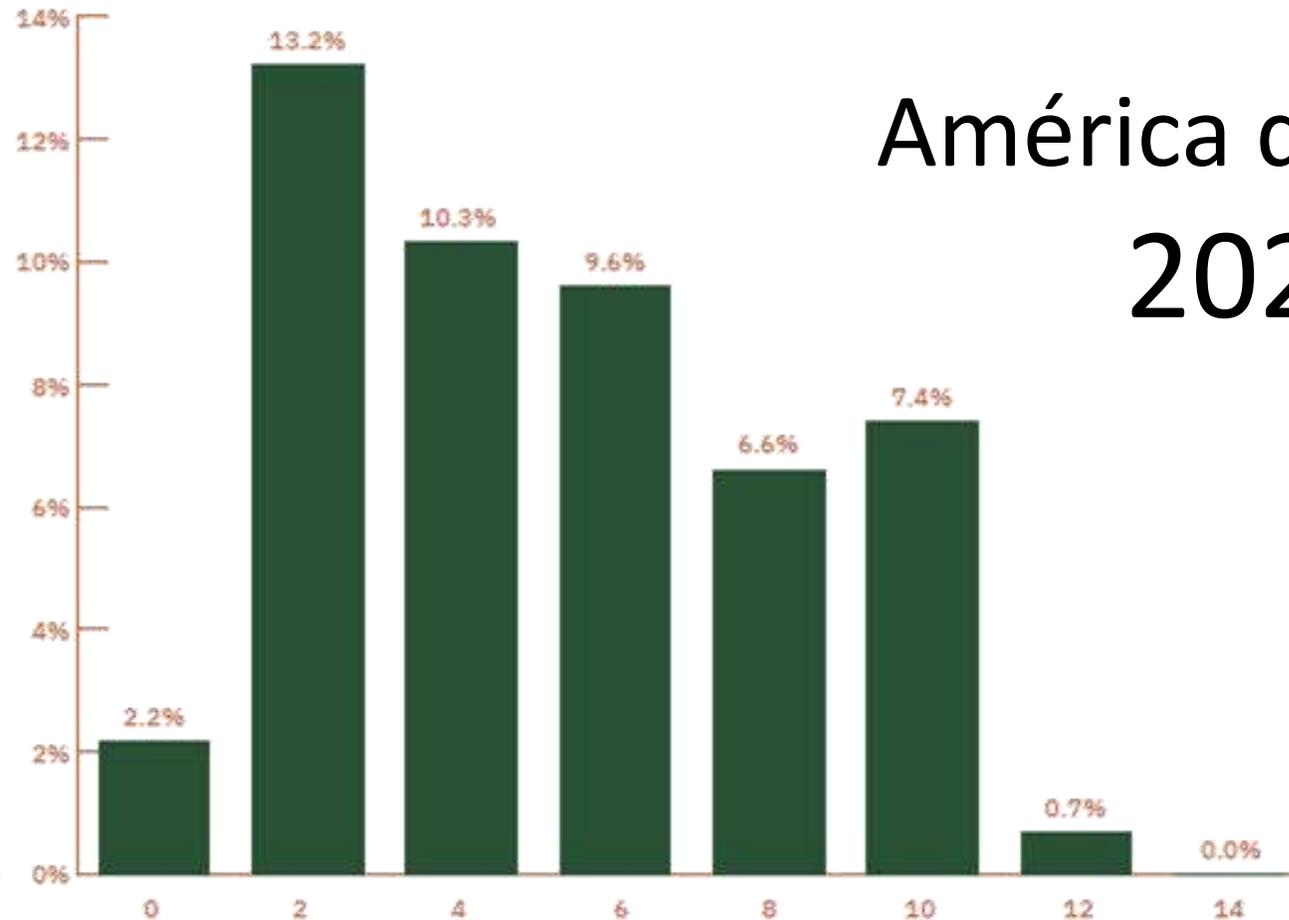
Número de toxinas detectadas

97.8%

Amostras contaminadas

89%

Número de amostras com 2 ou mais toxinas



América do Norte 2021

Cortesia: Alltech, 2022.

Co-Ocorrência de Micotoxinas em Milho



Distribution of number of mycotoxins in selected samples

Number of samples: 636

5.2

Micotoxinas por amostra em média

1-11

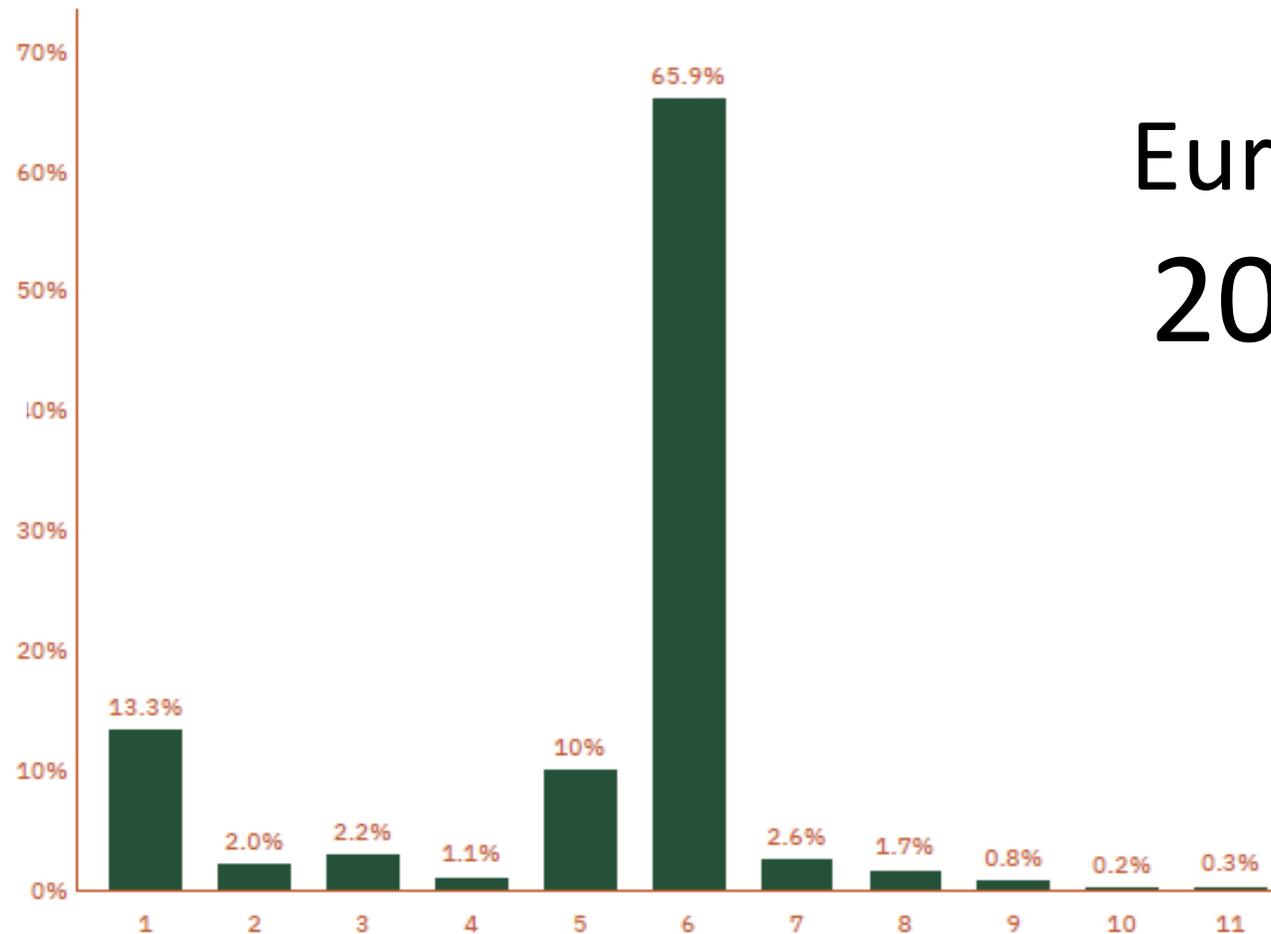
Número de toxinas detectadas

100%

Amostras contaminadas

86.7%

Número de amostras com 2 ou mais toxinas



Europa
2021

Cortesia: Alltech, 2022.

Co-Ocorrência de Micotoxinas em Trigo e Cevada



Distribution of number of mycotoxins in selected samples

Number of samples: 356

3.1

Micotoxinas por amostra em média

0-11

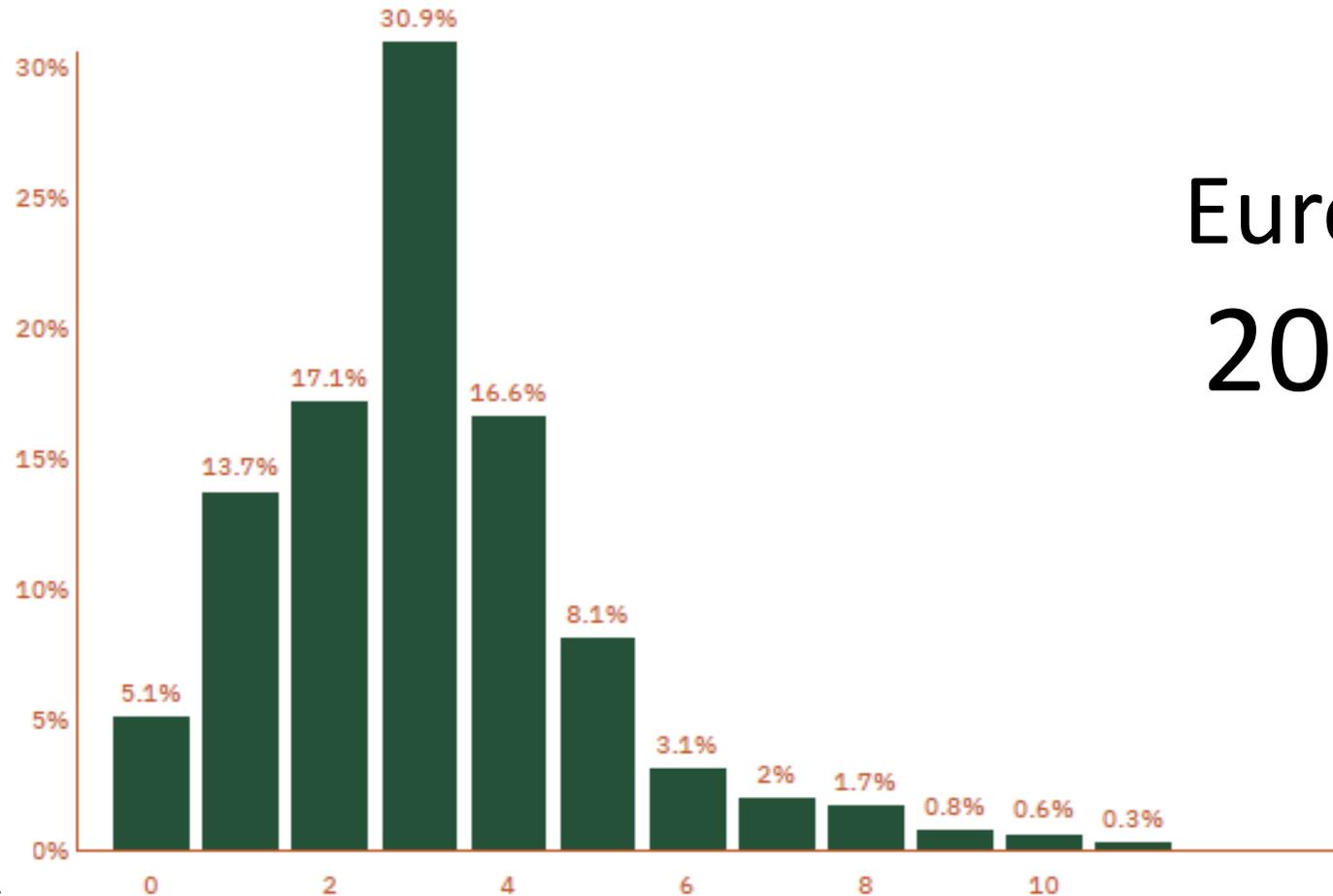
Número de toxinas detectadas

94.9%

Amostras contaminadas

81.2%

Número de amostras com 2 ou mais toxinas



Europa
2021

Cortesia: Alltech, 2022.

Co-Ocorrência de Micotoxinas em Sub-Produtos do Milho



Distribution of number of mycotoxins in selected samples

8.4

Micotoxinas por amostra em média

2-15

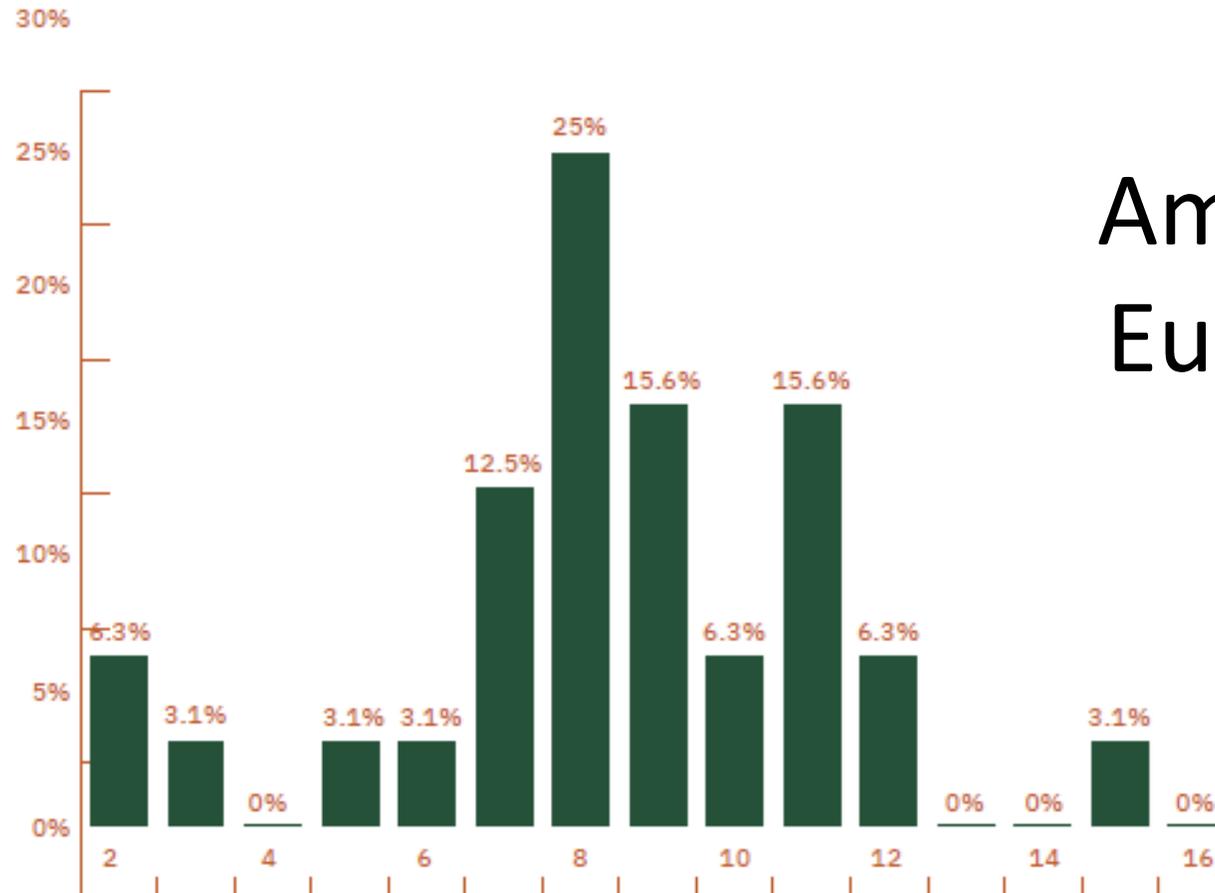
Número de toxinas detectadas

100%

Amostras contaminadas

100%

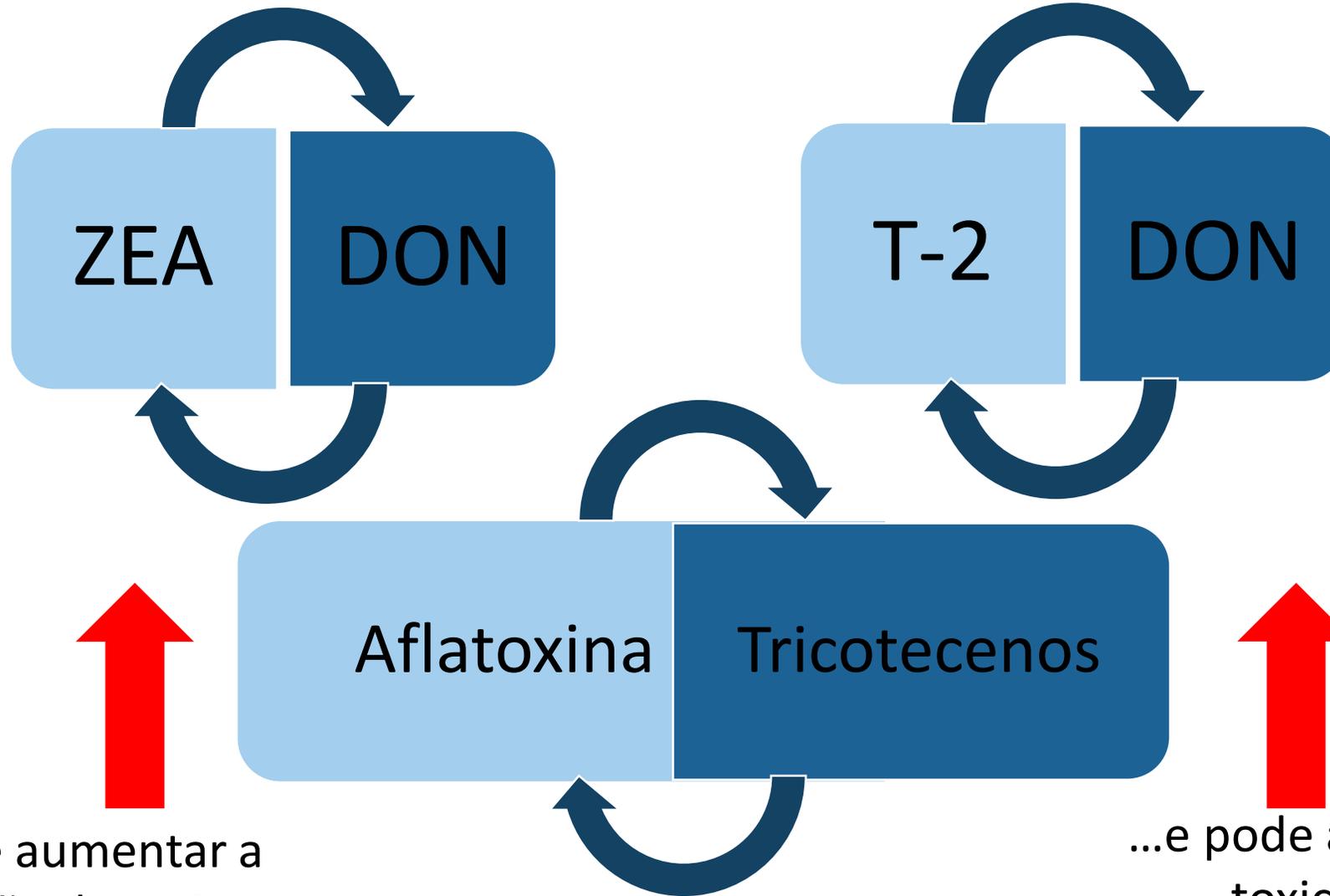
Número de amostras com 2 ou mais toxinas



América Latina,
Europa e China
2021

Cortesia: Alltech, 2022.

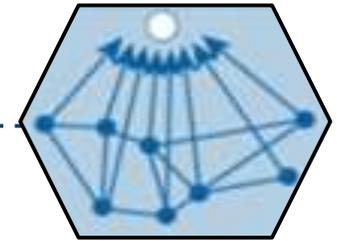
Co-Ocorrência de Micotoxinas



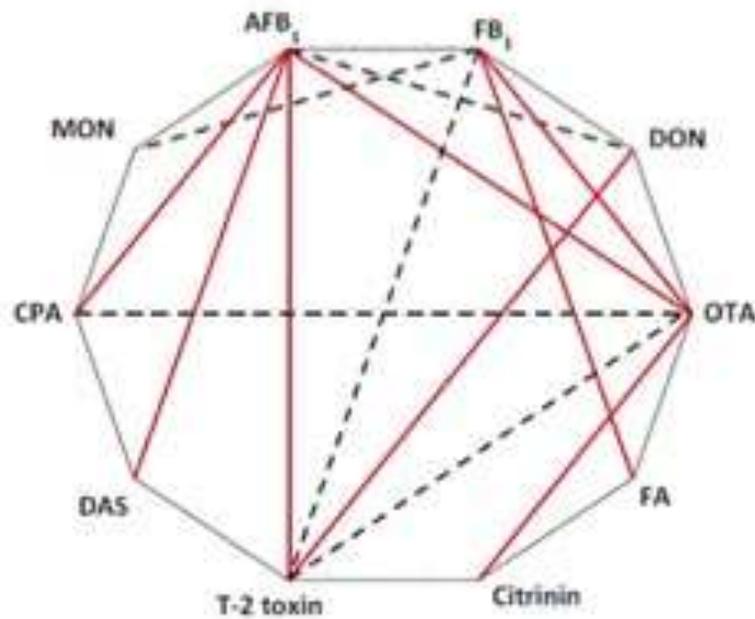
Pode aumentar a produção de toxinas...

...e pode aumentar a toxicidade!

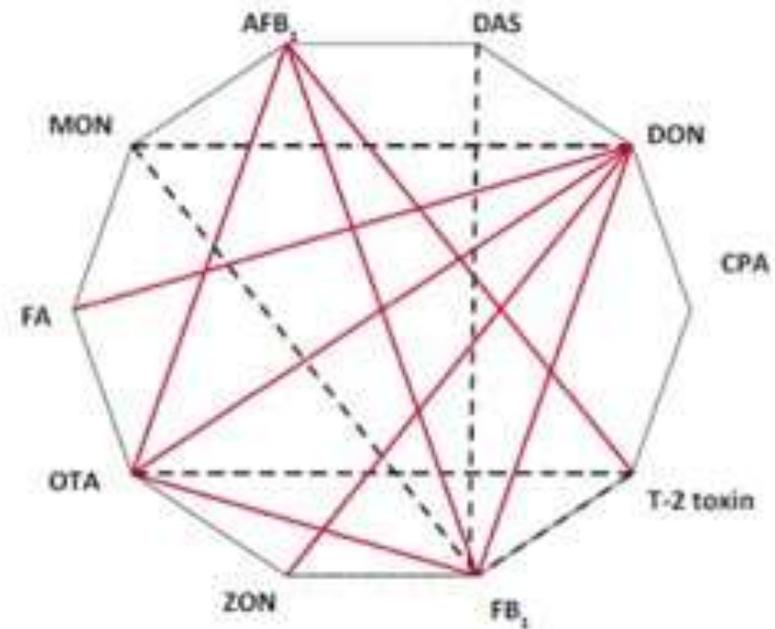
Efeitos Sinérgicos



Aves

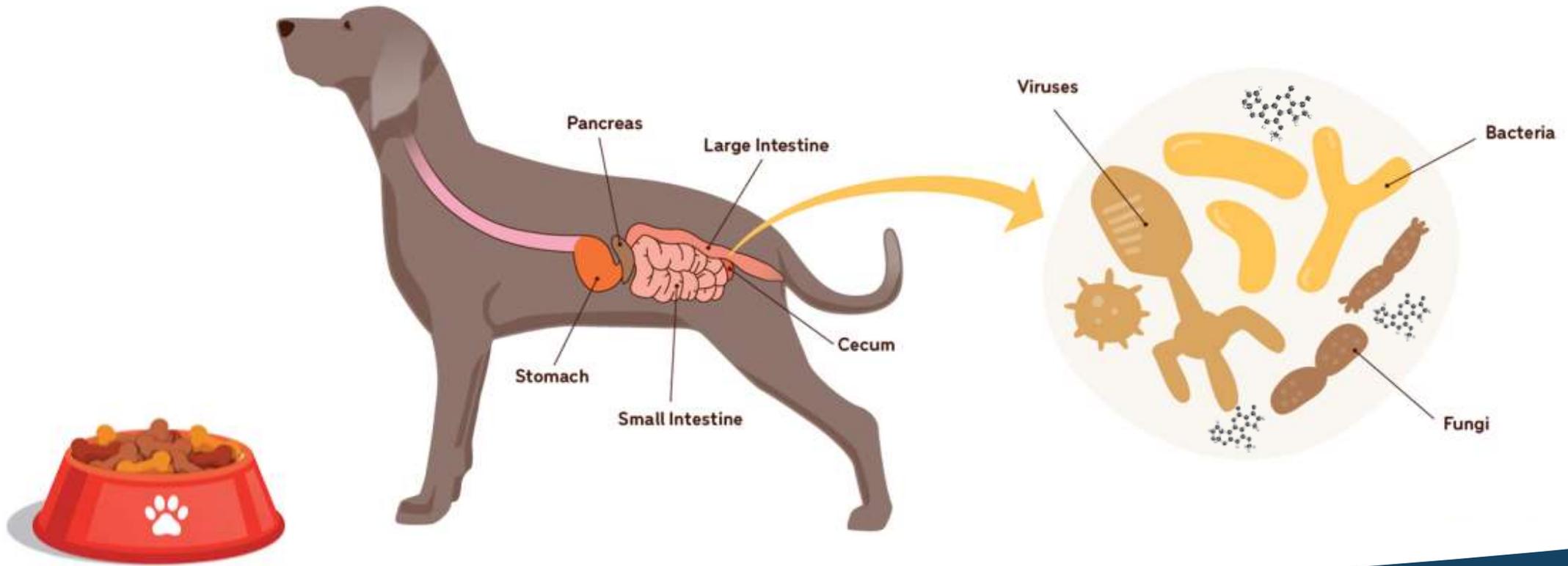


Suínos

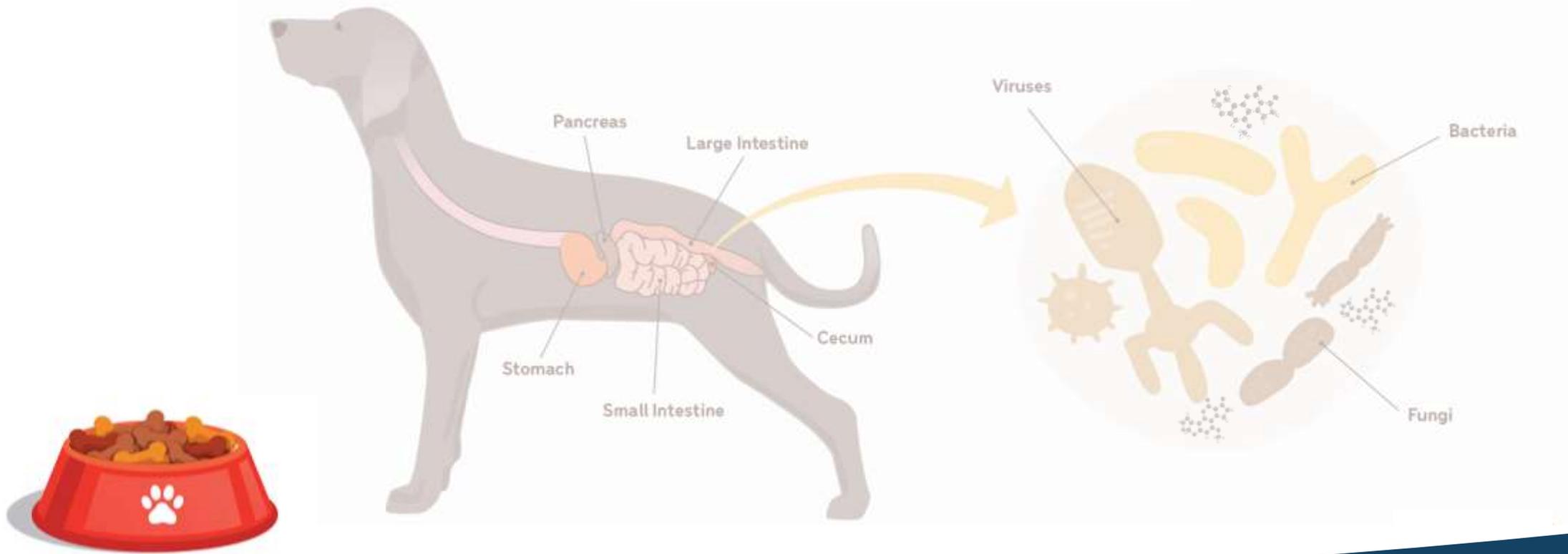


— Efeito sinérgico
- - - Efeito aditivo

Biomin (Biomin.net, 2011)



Micotoxinas e Saúde Animal: *Ins and Outs!*



Micotoxinas e Saúde Animal: *Ins and Outs!*

Efeito do Processamento no Nível de Contaminação



Efeitos da Limpeza dos Ingredientes



- Remoção de grãos mofados e quebrados
- Remoção de grãos afetados por fusariose em trigo e cevada: ↓ DON: 5.5 – 19%
- Limpeza no trigo: ↓ DON entre 0 e 78%
- Limpeza no milho: ↓ Fumonisina entre 26 e 69%
- Retirada de grãos, sementes ou nozes mofados: ↓ Aflatoxin: 40-80%

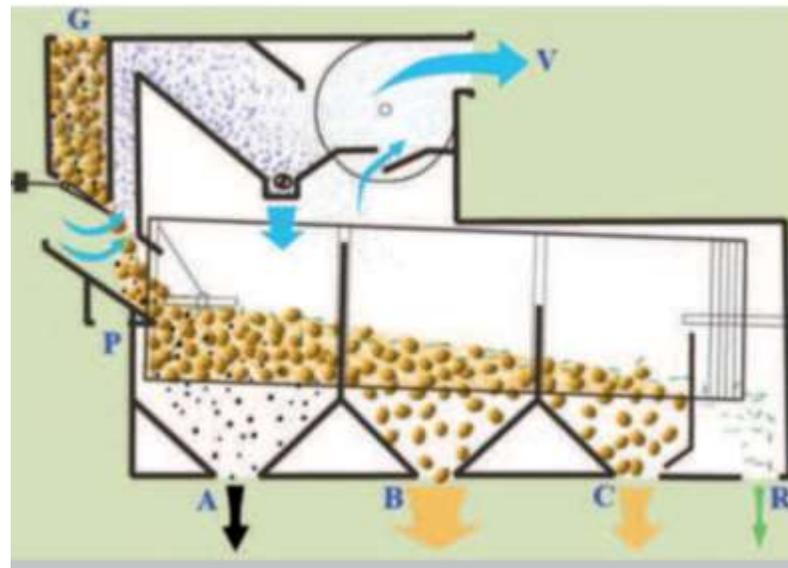
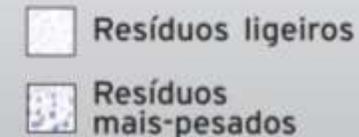


DIAGRAMA DE FUNCIONAMENTO

A : Fragmentos
G : Grão bruto
B : Grão bom
C : Grão bom
R : Resíduos
P : Saída directa



Corrente de ar



Efeitos da Seleção de Grãos



Uso de um classificador de alta velocidade por duplo comprimento de onda (750 e 1200 nm):

Milho	Fração Removida	Redução de Micotoxinas após a Classificação %	
		Aflatoxina	Fumonisina
Previamente limpo	LT	83.2	82.0
	HT	84.1	91.9
Sem limpeza	LT	79.1	80.8
	HT	77.4	90.7

LT, low threshold (classificador configurado para remover 5% da amostra de grãos)

HT, high threshold (classificador configurado para remover 10% da amostra de grãos)

Pearson *et al.*, 2004

Efeitos do pH



Método para redução de fumonisinas em concentrado de proteína de milho:

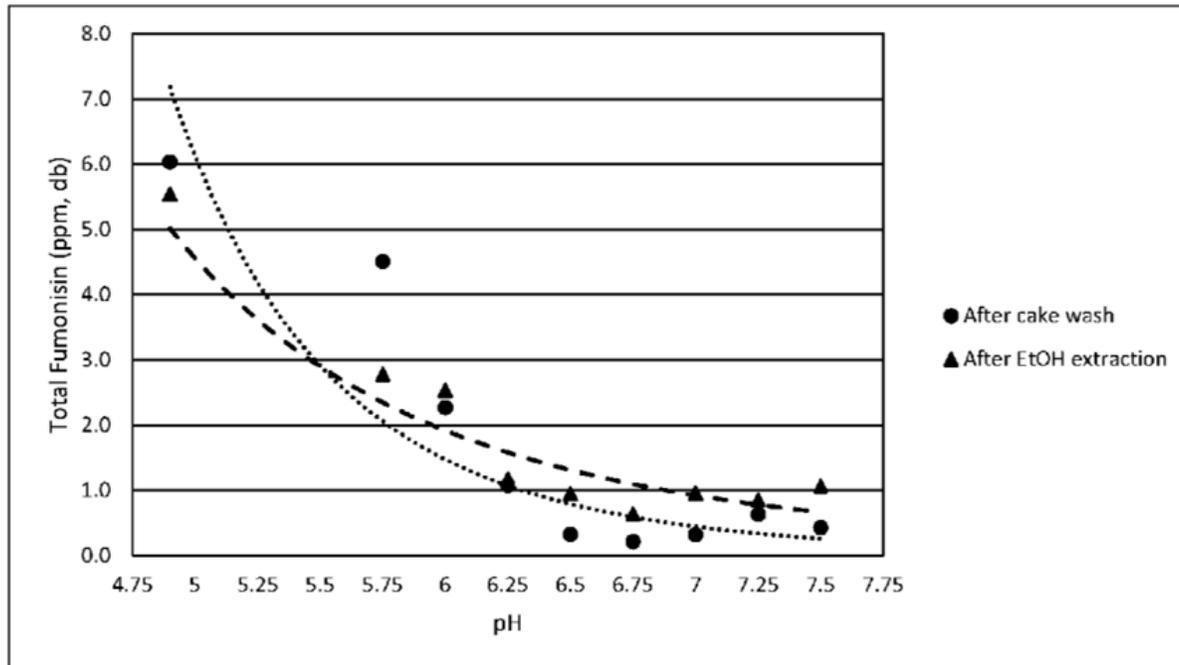
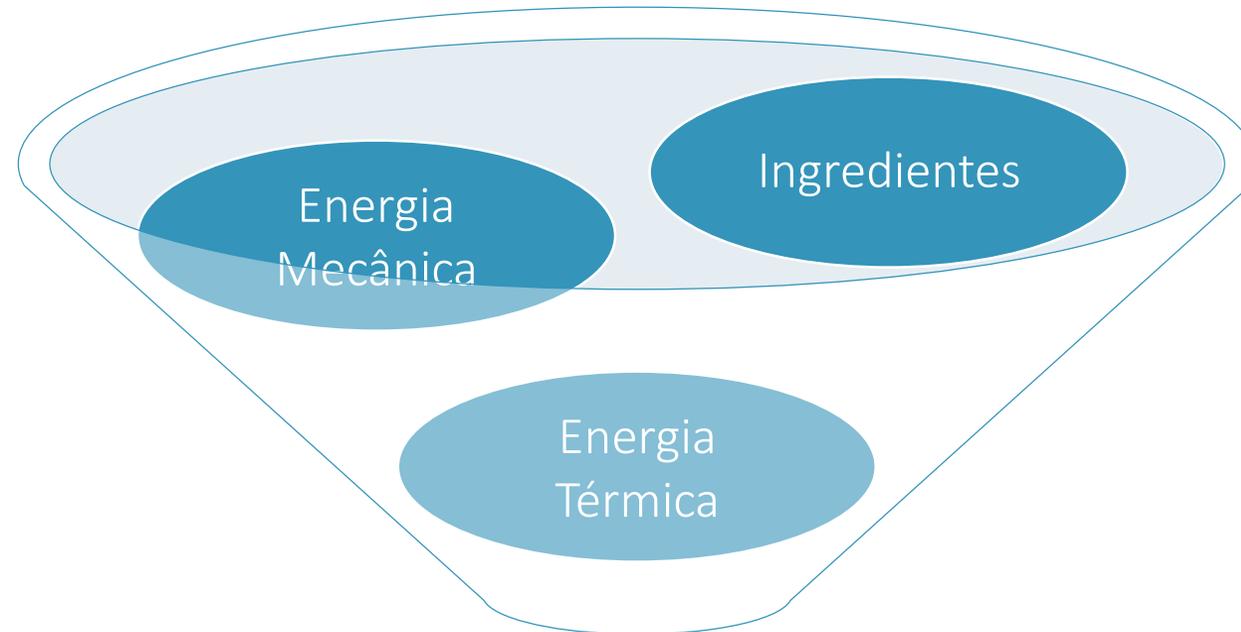


FIG. 1

Durante o processo de produção de concentrado de proteína de milho o pH do produto pode ser ajustado entre 5.75 e 7.5 para a redução de fumonisina em ao menos 70%.

Pedido de Patente: WO 2018/237030 A1, Cargill International
Bianchini, A., Mcconville, E.L., Porter, M.A.

Efeitos da Extrusão



Temperatura: 107-163°C

Pressão: 50 psi

Modificações físico-químicas

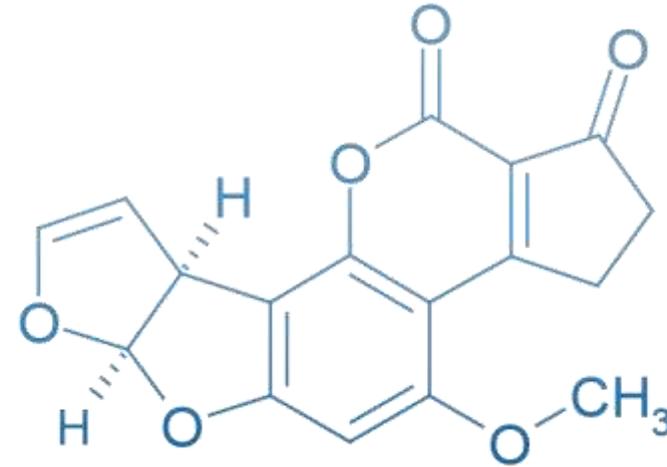
Expansão do produto

Efeitos da Extrusão



Aflatoxinas:

- Dependente da presença/ausência:
 - Aditivos
 - Conteúdo de umidade
 - Temperatura
- Redução de 50-80%
- Adição de amônia (hidróxido ou carbonato): >95% ↓ Aflatoxina
- Farinha de amêndoim:
 - Ausência de amônia: 23-66% ↓ Aflatoxin
 - Presença de amônia: 87% ↓ Aflatoxin

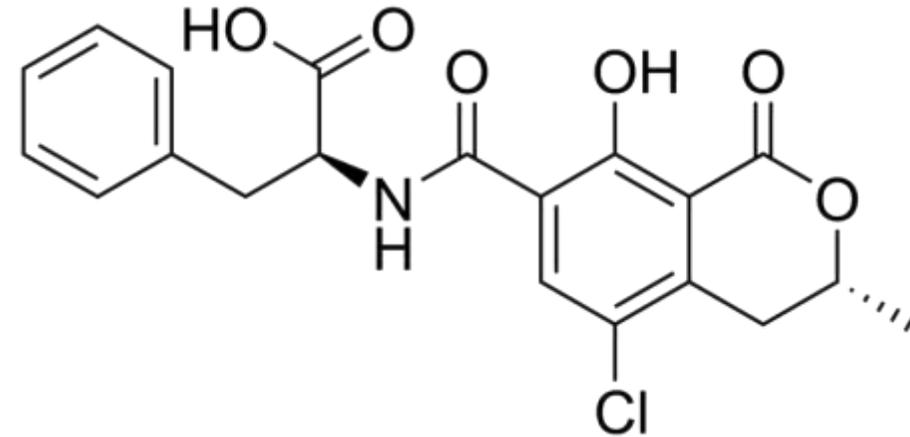


Efeitos da Extrusão



Ocratoxinas:

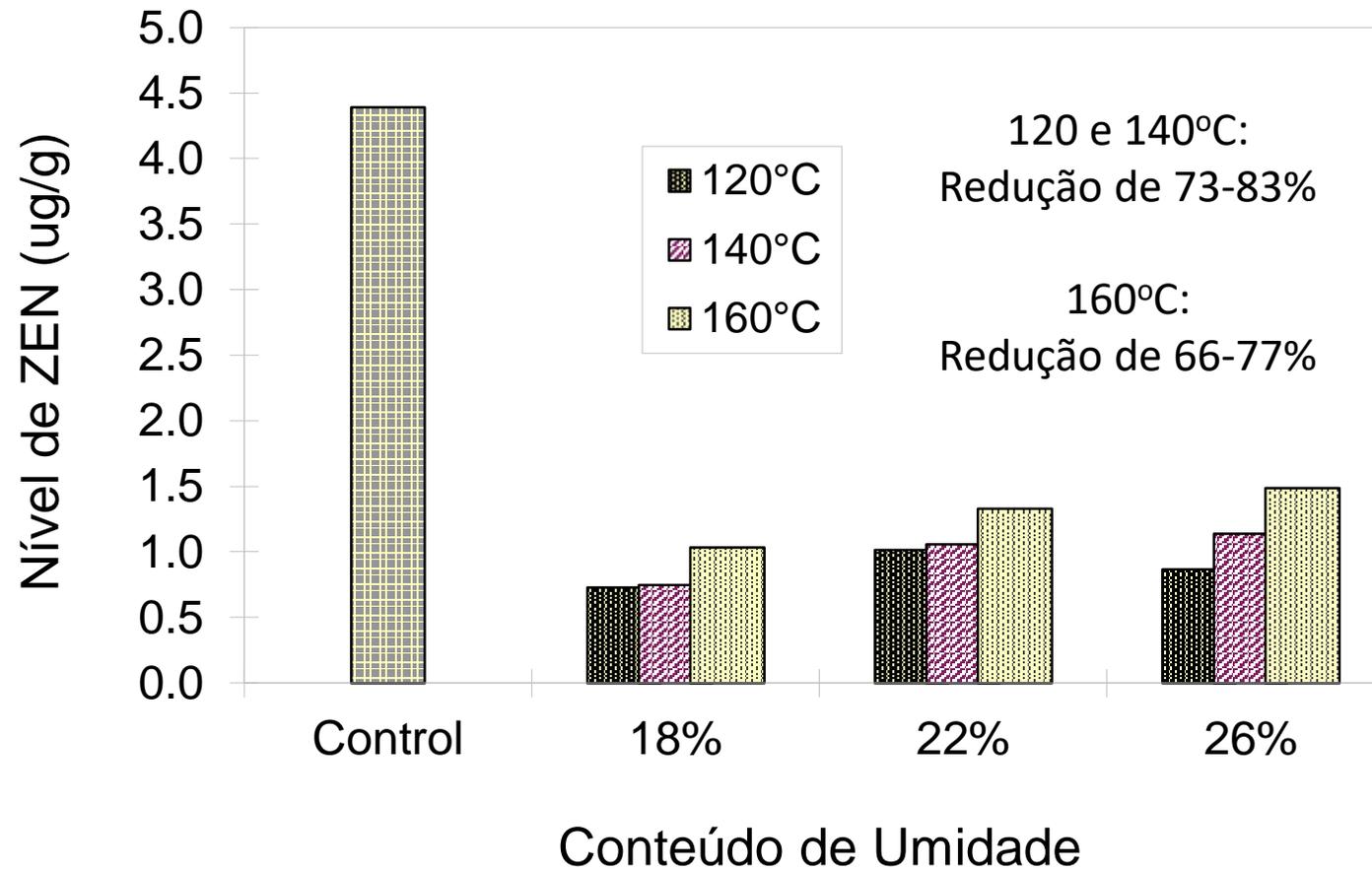
- Redução em farinha integral depende do/da:
 - Temperatura
 - Conteúdo de umidade
 - Tempo de residência
 - Redução máxima de 40%



Efeitos da Extrusão



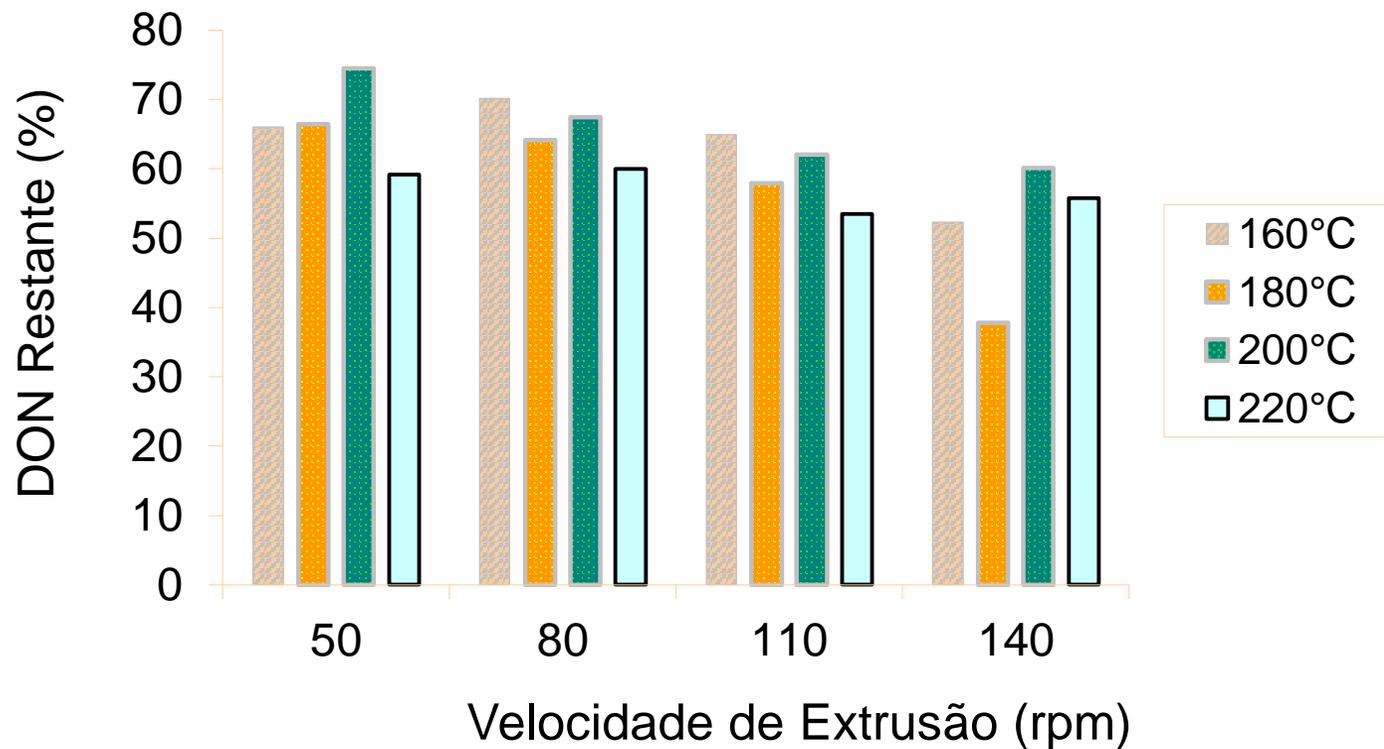
Zearalenona:



Efeitos da Extrusão



Desoxinivalenol:



- Detoxificação > 95%:

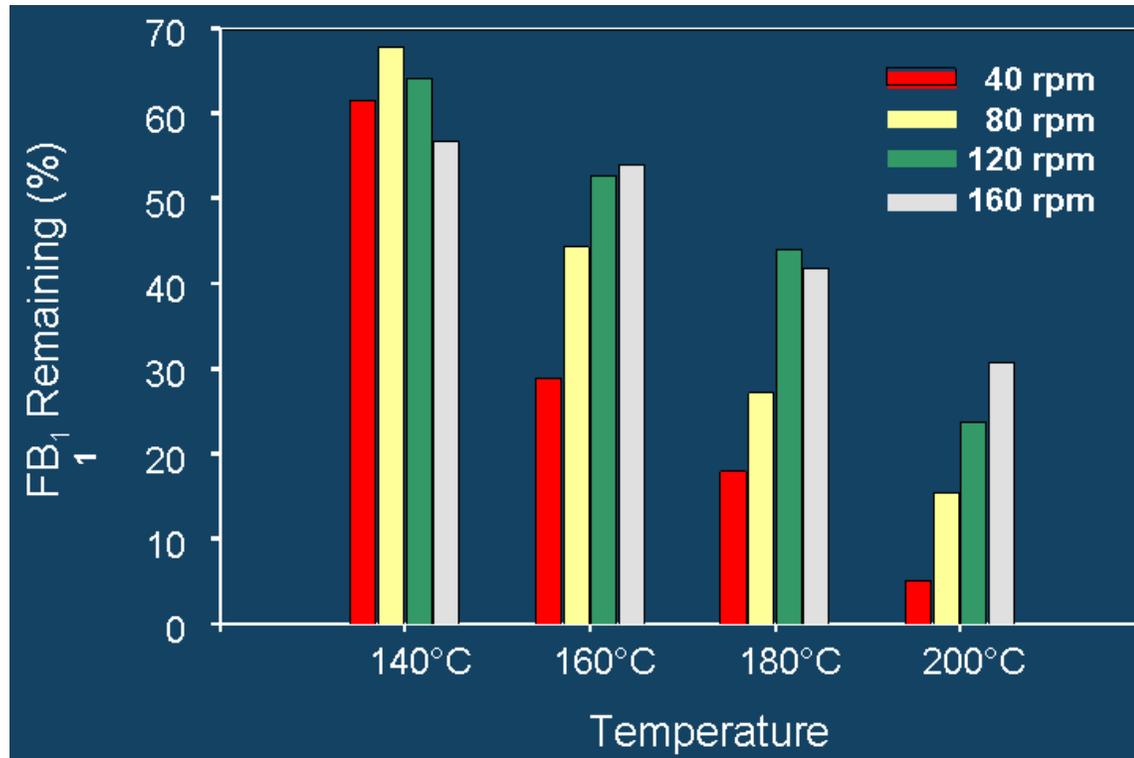
- Presença ou ausência de metabissulfito de sódio
- Conteúdo de umidade de 15 e 30%
- Temperatura de 150 e 180°C

Efeitos da Extrusão

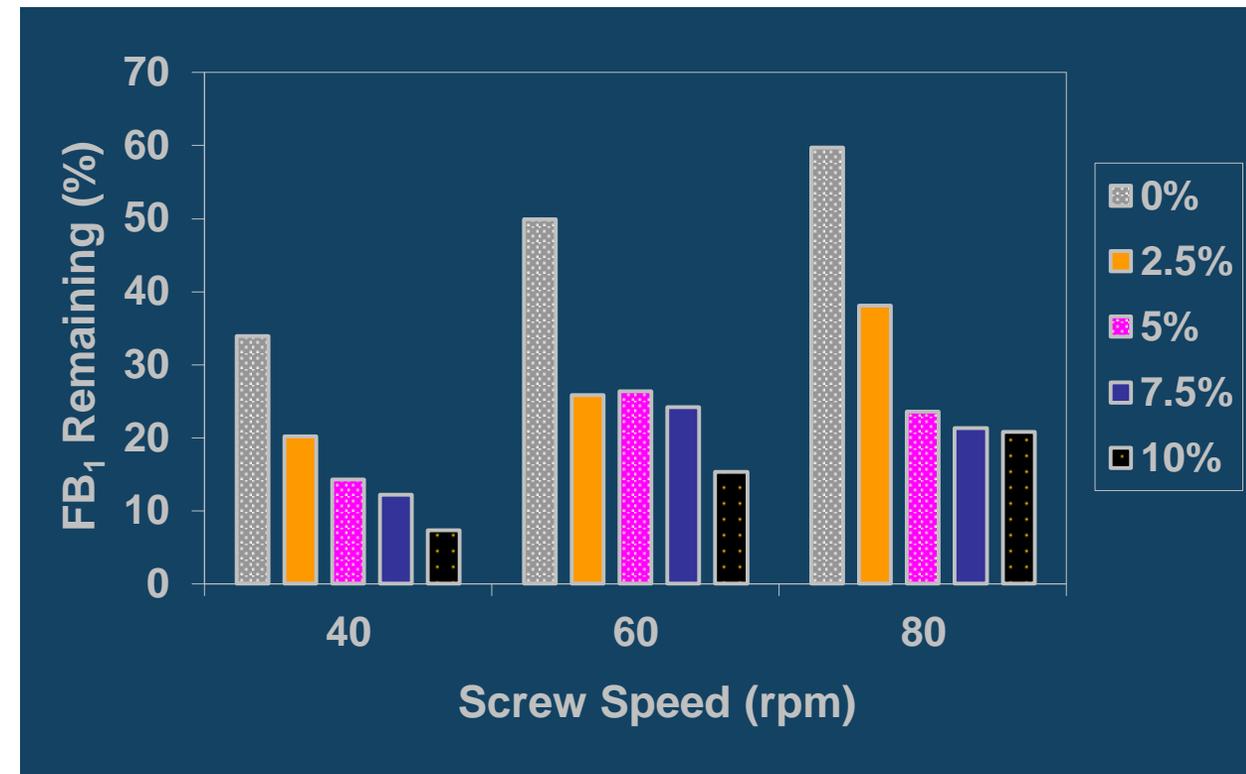


Fumonisina:

Extrusão sem adição de açúcar



Extrusão a 160°C com adição de açúcar



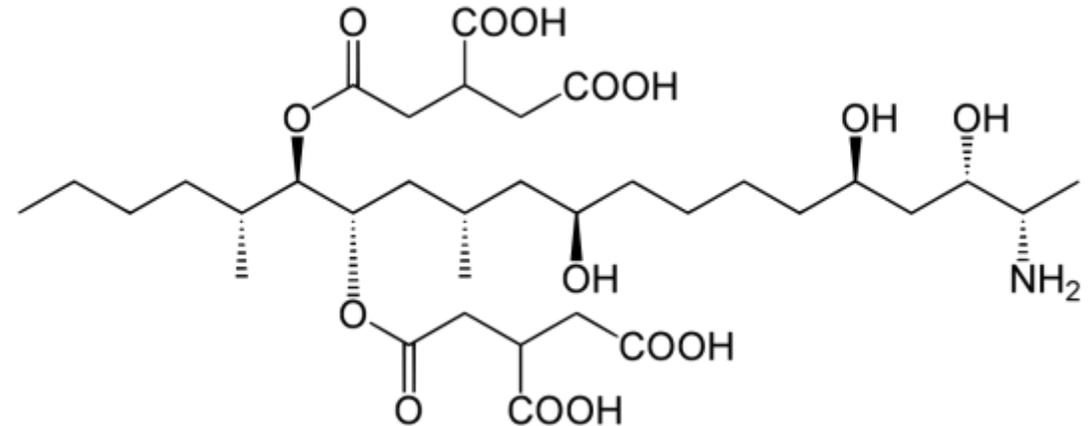
(Castelo *et al.*, 2001)

Efeitos da Extrusão



Fumonisina:

- Redução em presença de:
 - Glicose: 45 – 67%
 - Frutose: 32 – 53%
 - Sacarose: 26 – 43%
- Redução por glucose é dependente:
 - Parâmetros de extrusão (temperatura e velocidade da rosca)
 - Concentração de açúcar



Efeitos da Extrusão



Micotoxina

Redução

Aflatoxina

– 140 - 185°C

→ 33-38%

– >185°C

→ 66%

Zearalenona (120 – 160°C)

→ 70%

Desoxinivalenol (120°C)

→ 11-27%

Fumonisina (160 - 200°C)

→ 46-76%

Fumonisina (160°C, Glicose)

→ 93%



Temperatura e tipo de rosca são importantes!!!

Efeitos do Processamento



Extraídas/removidas do produto

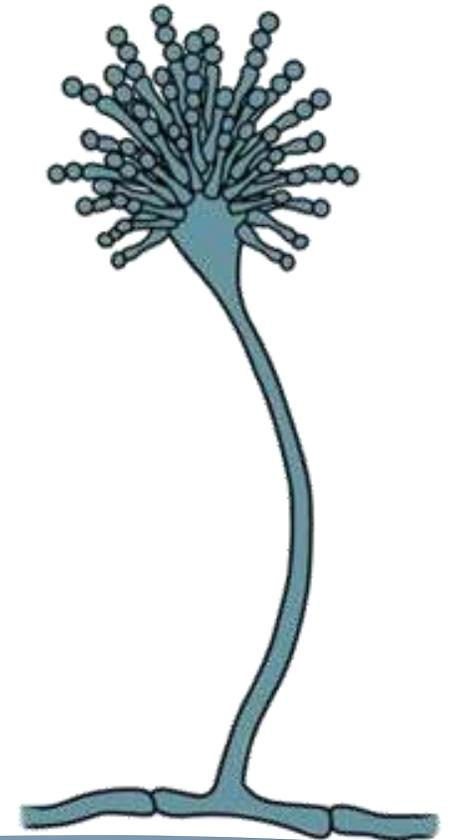
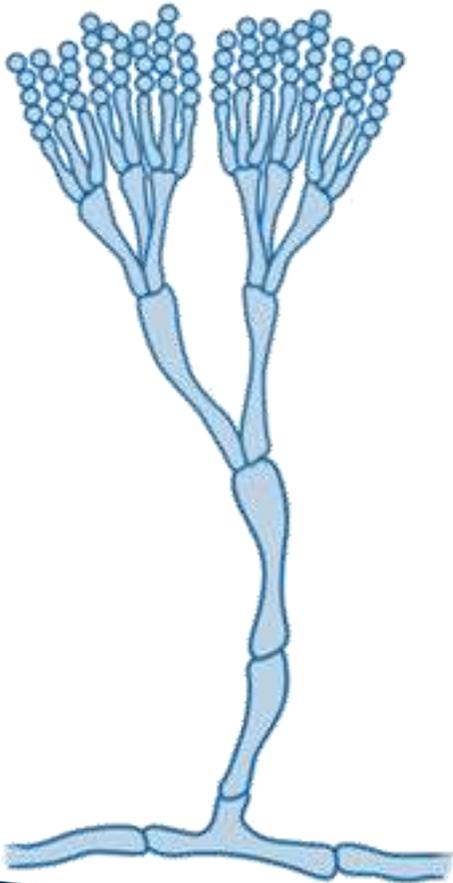
Destruídas

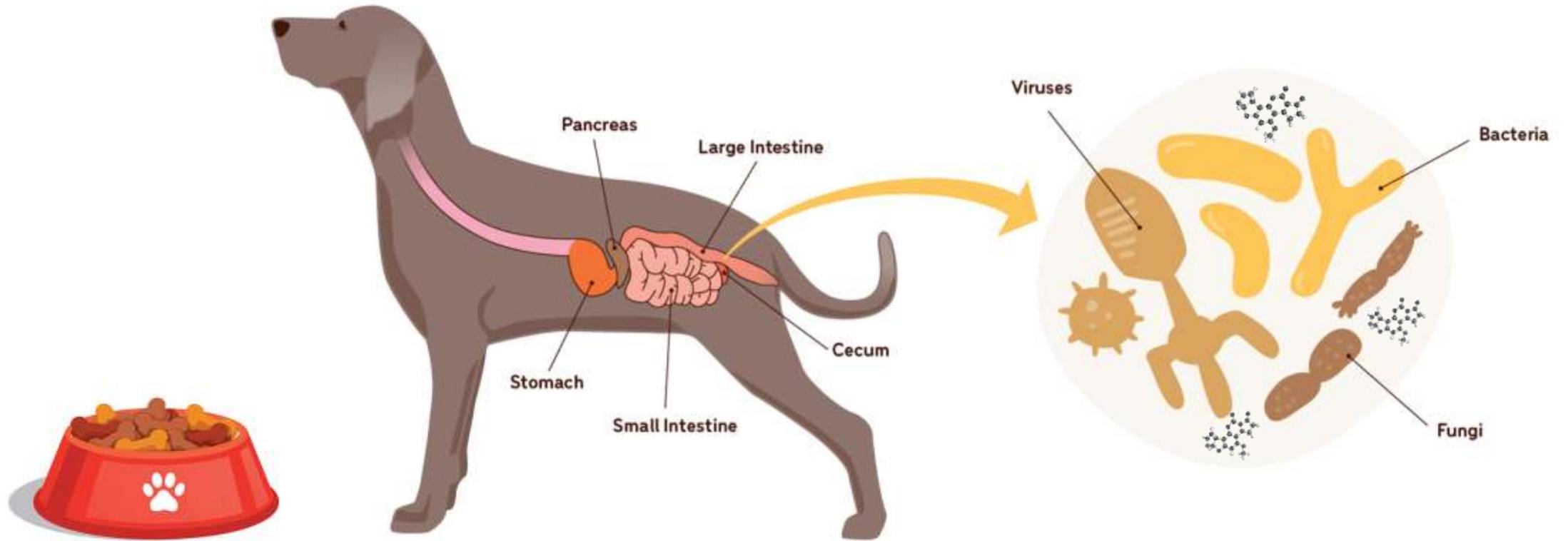
Modificadas para formar derivados

Interação com componentes do produto

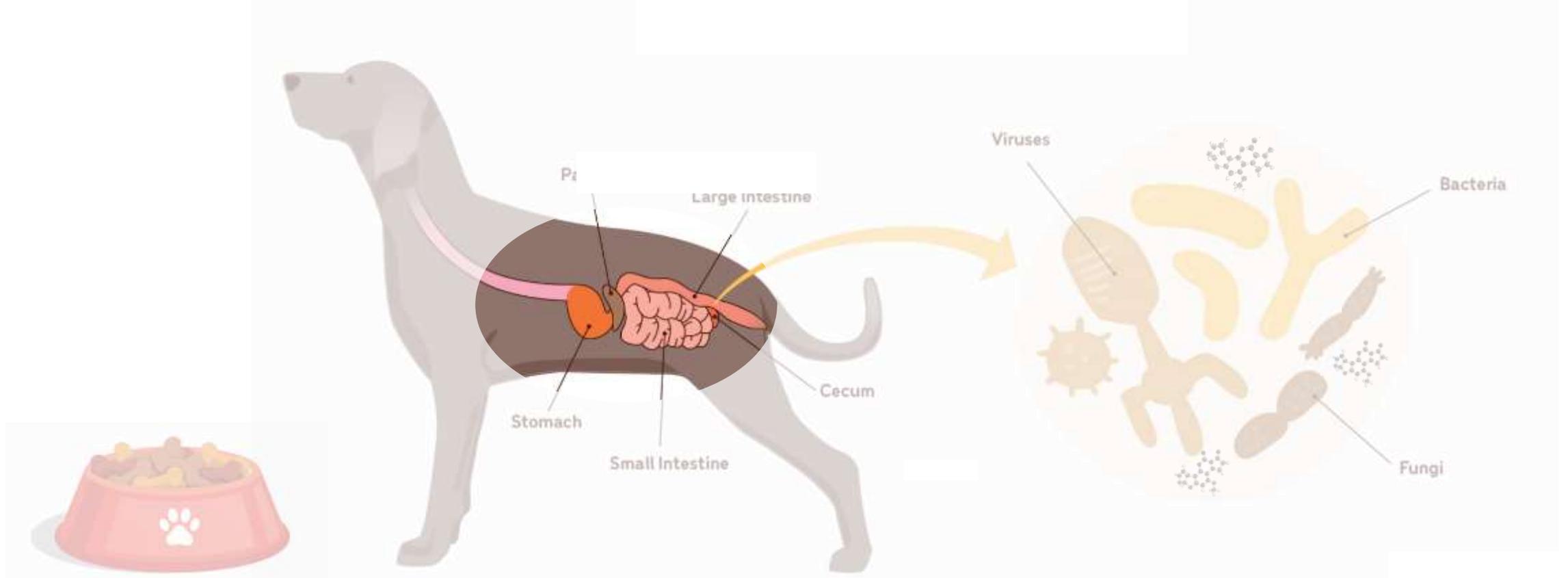


Redução dos Níveis de Micotoxinas na Ração





Micotoxinas e Saúde Animal: *Ins and Outs!*



Micotoxinas e Saúde Animal: *Ins and Outs!*

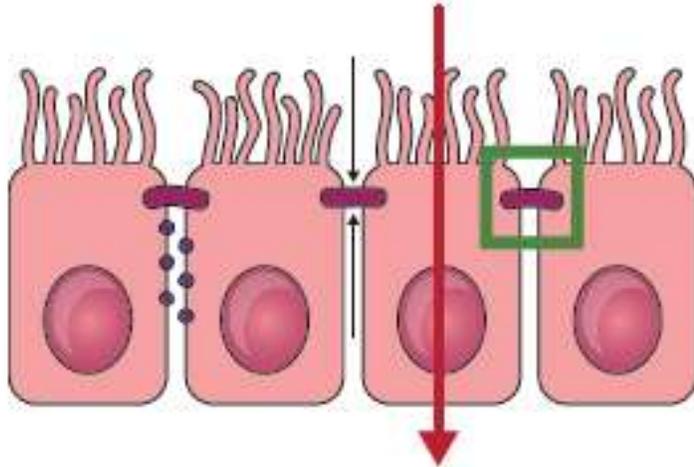
Micotoxinas e Absorção Intestinal



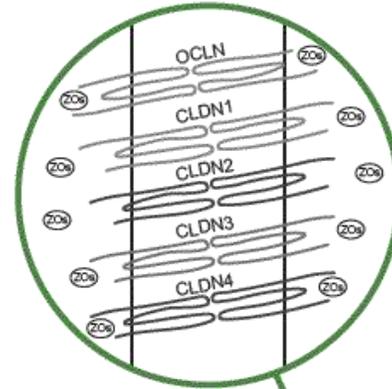
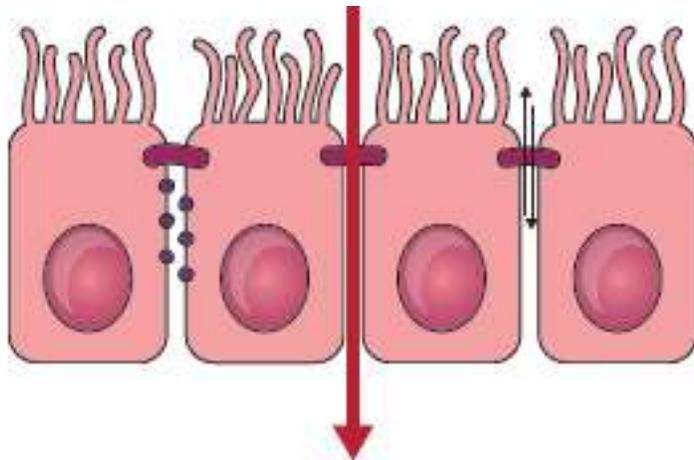
Micotoxinas e Absorção Intestinal



Rota Transcelular

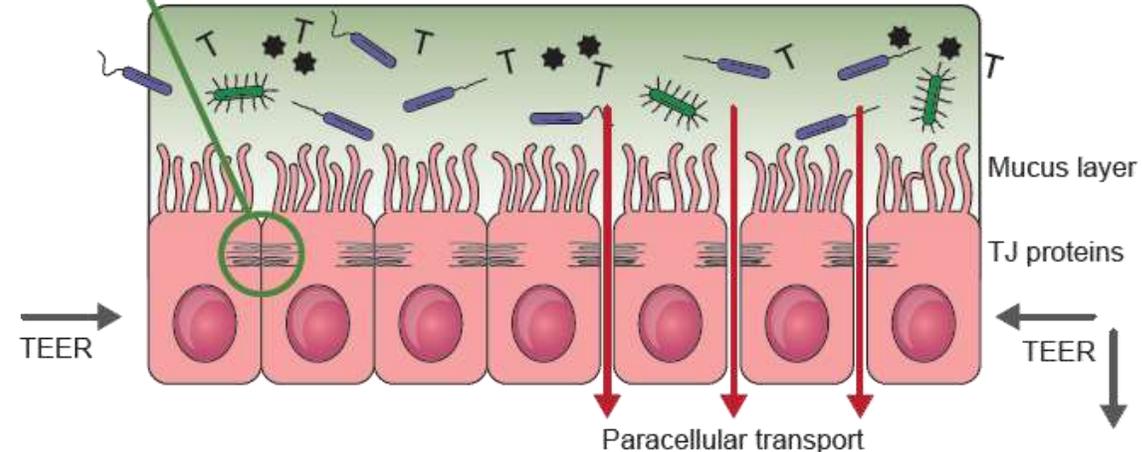


Rota Paracelular

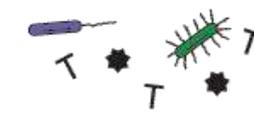


“Tight Junction”: Barreira formada pelas proteínas claudinas e ocludinas.

Micotoxinas causam uma suprarregulação (downregulate) das proteínas claudinas e ocludinas, o que reduz a resistência elétrica trans epitelial (TEER).

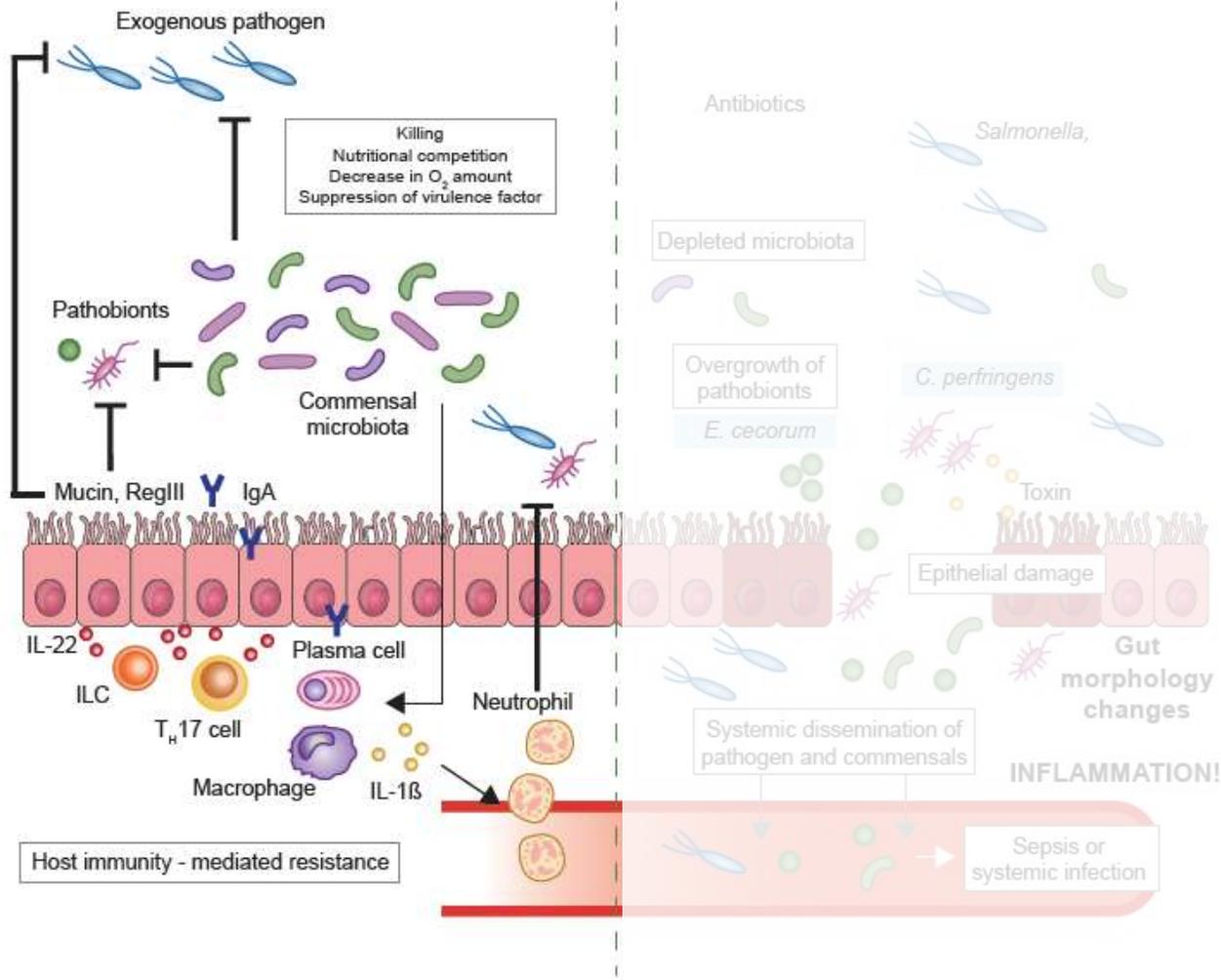


Com a resistência da barreira intestinal reduzida, bactérias e toxinas são translocadas com facilidade.



- Decrease in TEER
- AFB₁, AFM
 - α -ZOL, β -ZOL
 - OTA
 - PAT
 - FB₁
 - T-2 toxin
 - DON, 3-Ac-DON, 15-Ac-DON

Micotoxinas e Absorção Intestinal



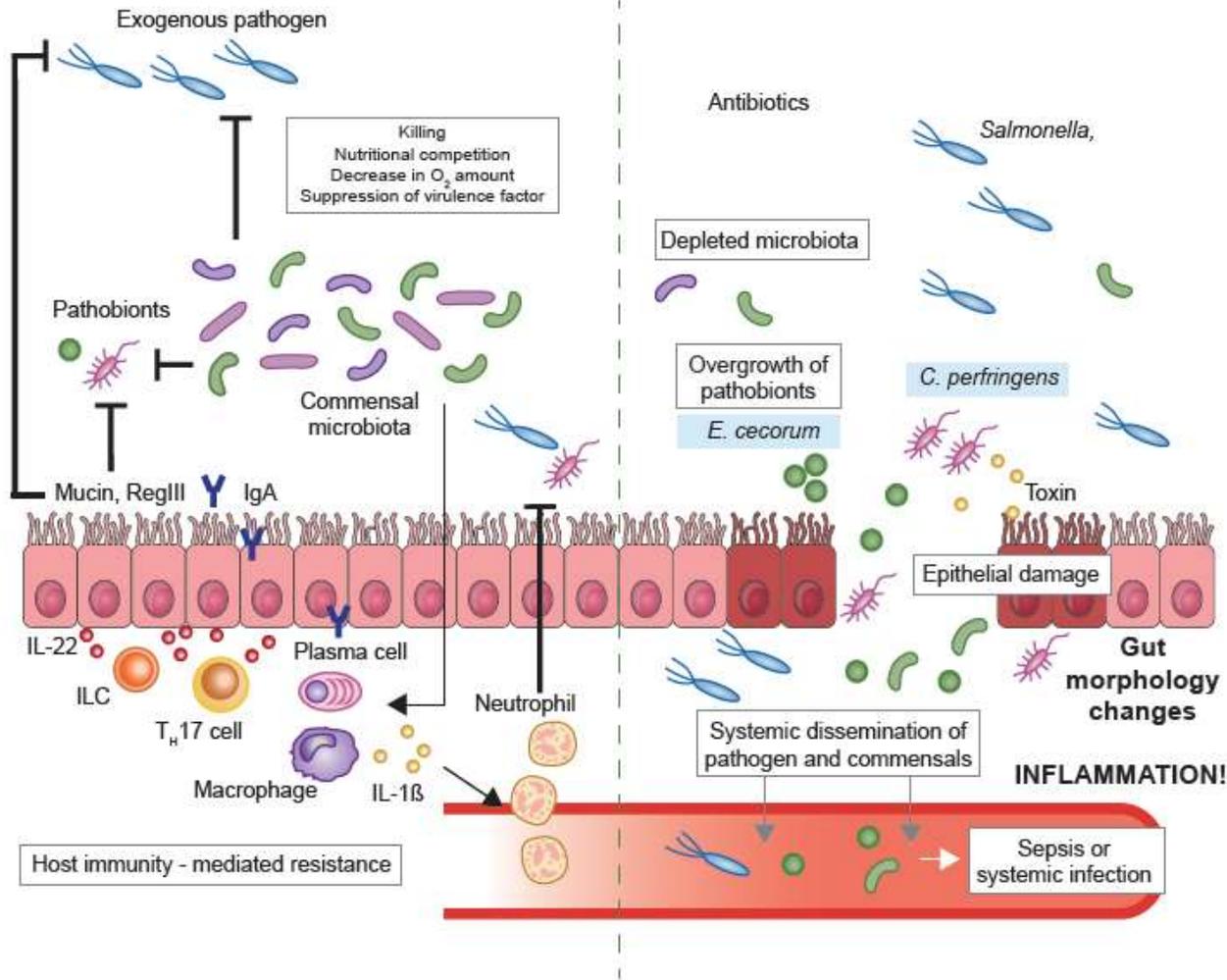
Micotoxinas aumentam a permeabilidade da camada epitelial intestinal...

...o que leva a um aumento da translocação de bactérias e micotoxinas. Nessa situação, a resposta imune também é aumentada, levando a um estado inflamatório conhecido síndrome absorptiva intestinal ("leaky gut")...

Intestino: Um dos maiores orquestradores das respostas imune.

www.impextraco.com

Micotoxinas e Absorção Intestinal



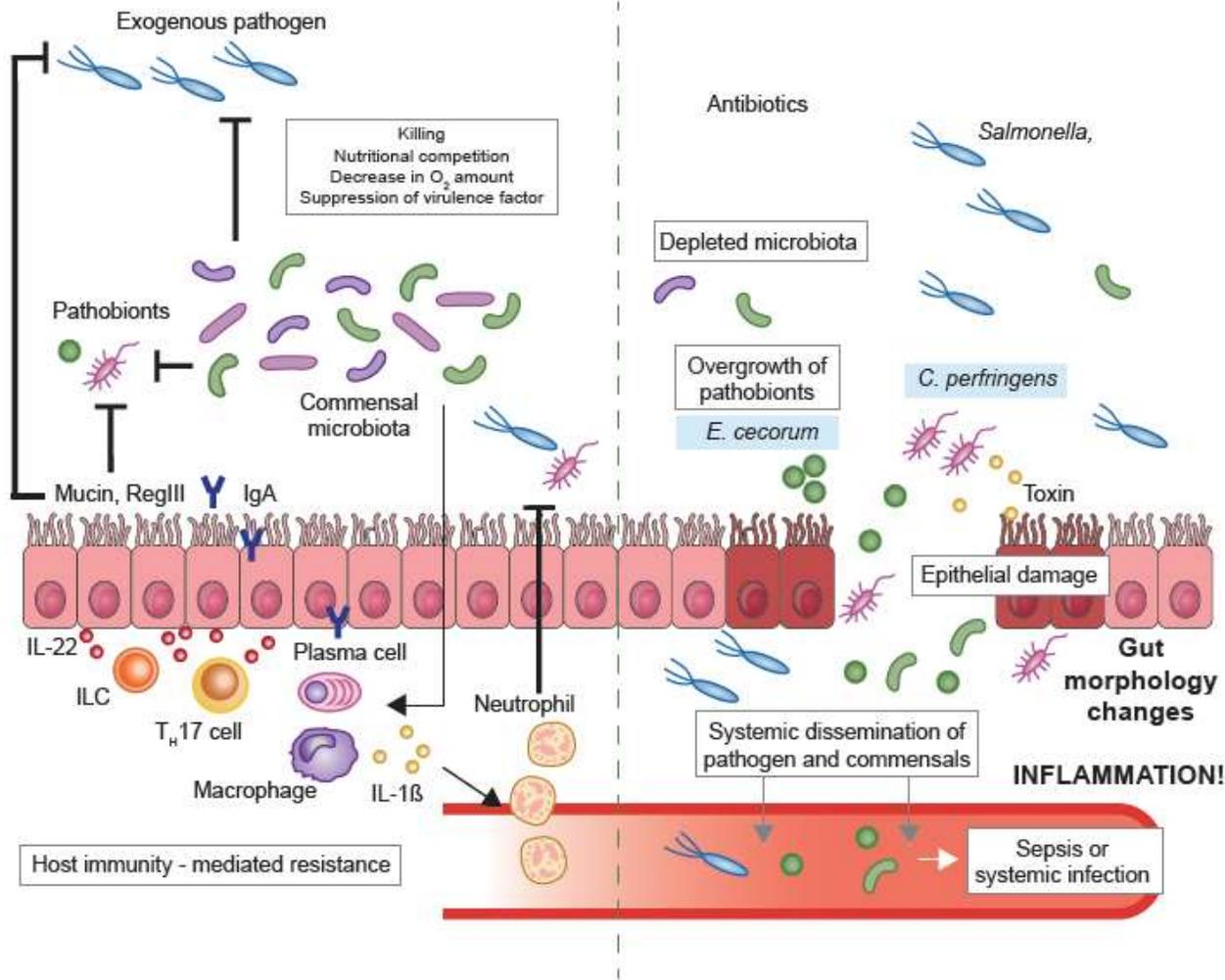
Micotoxinas aumentam a permeabilidade da camada epitelial intestinal...

...o que leva a um aumento da translocação de bactérias e micotoxinas. Nessa situação, a resposta imune também é aumentada, levando a um estado inflamatório conhecido síndrome absorptiva intestinal ("leaky gut")...

Intestino: Um dos maiores orquestradores das respostas imune.

www.impextraco.com

Micotoxinas e Absorção Intestinal



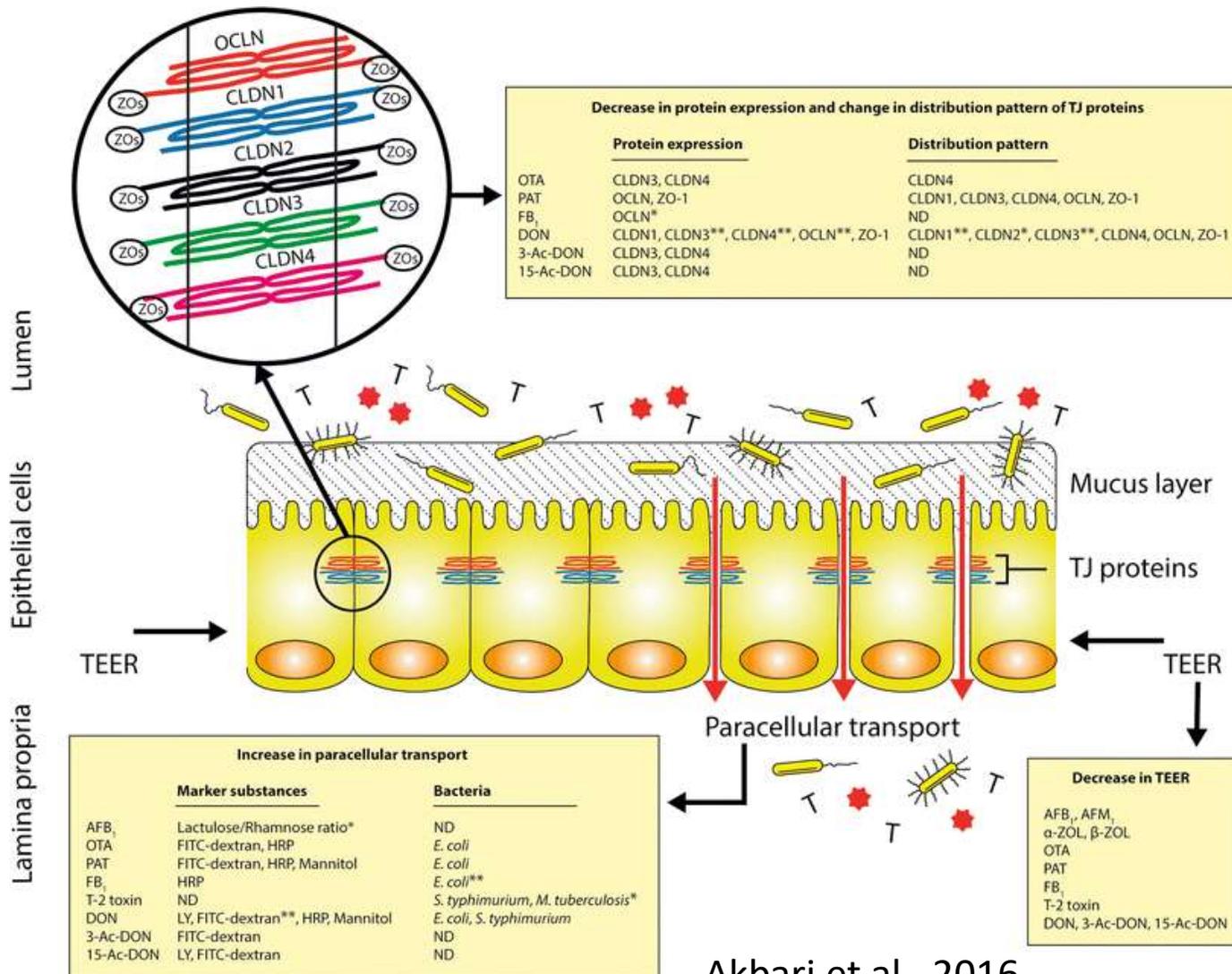
...o que por sua vez leva a uma resposta imune alterada.

Outra consequência importante é o fato de que o aumento da permeabilidade pode levar a uma perda de nutrientes, eventualmente afetando negativamente o crescimento e a performance animal.

Intestino: Um dos maiores orquestradores das respostas imune.

www.impextraco.com

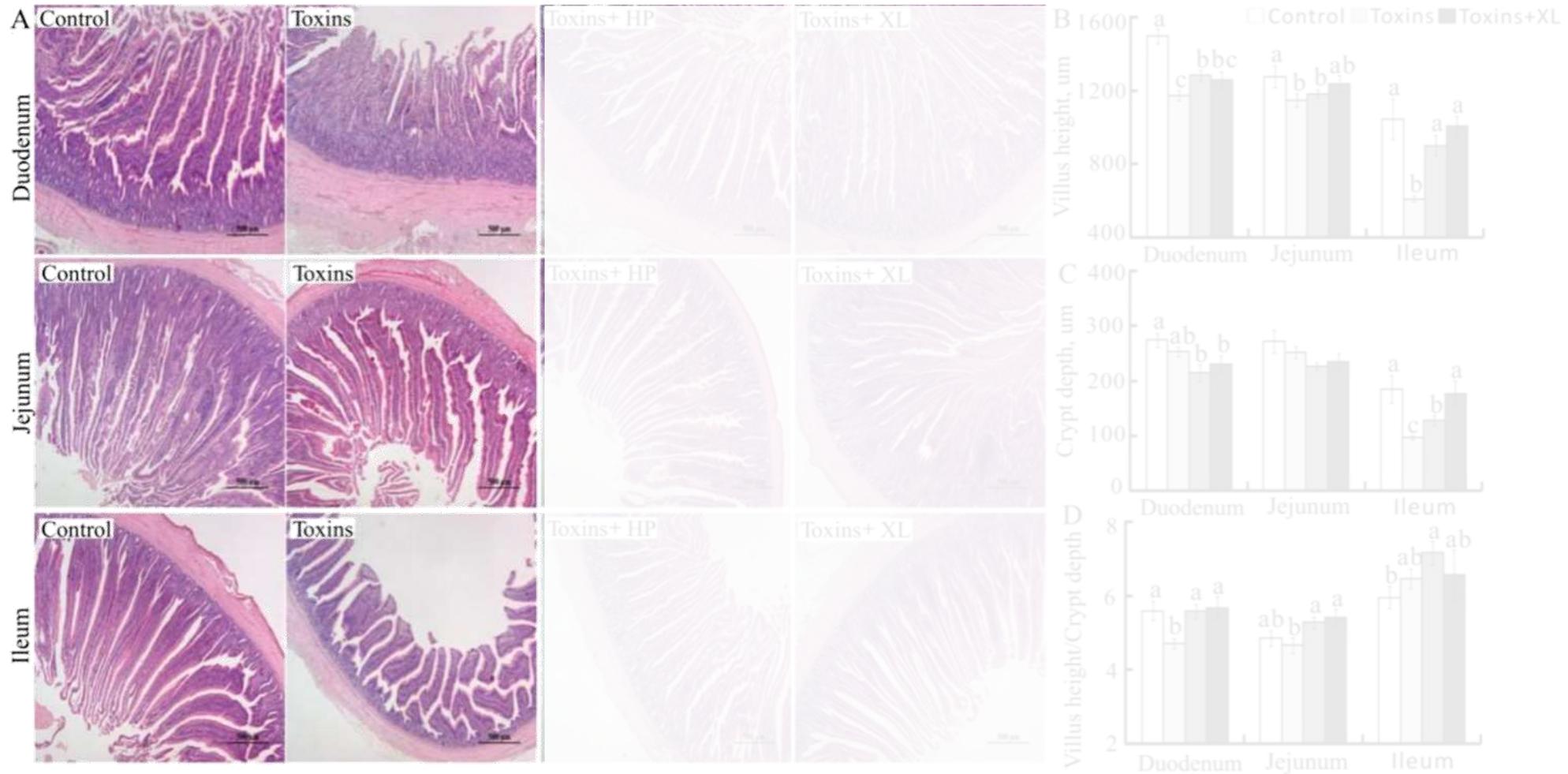
Consequências da Presença de Micotoxinas no Intestino



Akbari et al., 2016.

- ✓ Reduz a expressão das proteínas que formam a “tight junction” entre as células epiteliais e sua distribuição
- ✓ Aumentam o transporte paracelular de bactérias, incluindo bactérias patógenas
- ✓ Reduzem TEER, afetando a barreira epitelial

Consequências da Presença de Micotoxinas no Intestino



Zhao *et al.*, 2021.



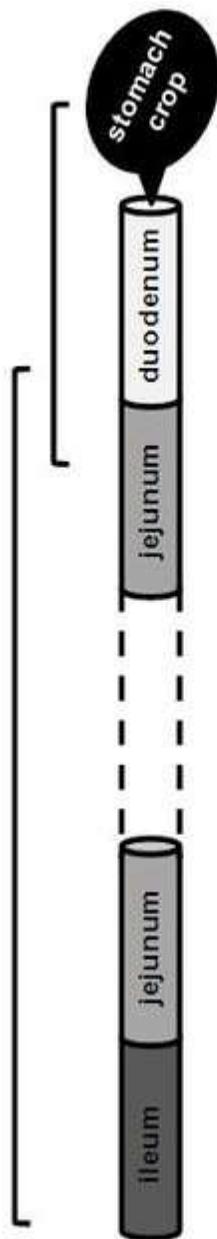
Absorção de Micotoxinas

A maioria da dose absorvida (80-90%) ocorre na parte superior do trato gastrointestinal.

- ✓ DON
- ✓ ZEA
- ✓ AF
- ✓ OTA

A circulação enterohepática pode aumentar a exposição ao longo do trato gastrointestinal.

- ✓ DON
- ✓ T-2 toxin
- ✓ ZEA
- ✓ FB
- ✓ OTA



Percentual de Absorção

	Suínos	Aves	REF
<i>AF</i>	>80%	>80%	[10]
<i>OTA</i>	65%	40%	[12]
<i>DON</i>	55%	5-20%	[9,13]
<i>FB</i>	3-6%	1%	[11]
<i>ZEA</i>	80%	10%	

Mecanismos e Rotas de Absorção

	Mecanismos e Rotas de Absorção	REF
<i>AF</i>	Passive transport	[23]
<i>OTA</i>	Passive transport by simple diffusion	[88]
<i>DON</i>	Passive transport via the paracellular route	[88]
<i>FB</i>	Interaction with bile components	[15]

Efeito do Processamento na Biodisponibilidade das Micotoxinas



Efeitos do Processamento



Extraídas/removidas do produto

Destruídas

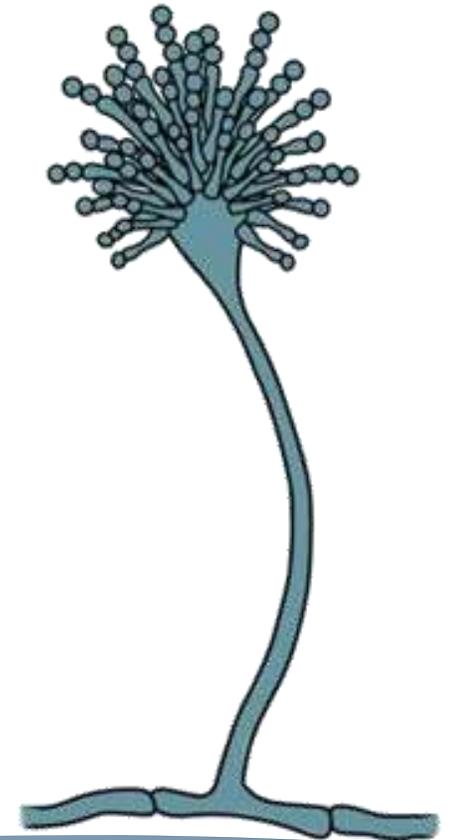
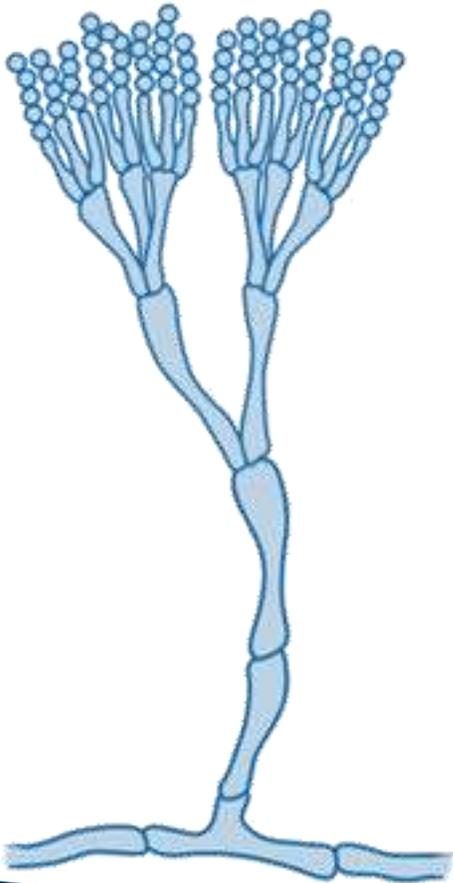
Modificadas para formar derivados

Interação com componentes do produto

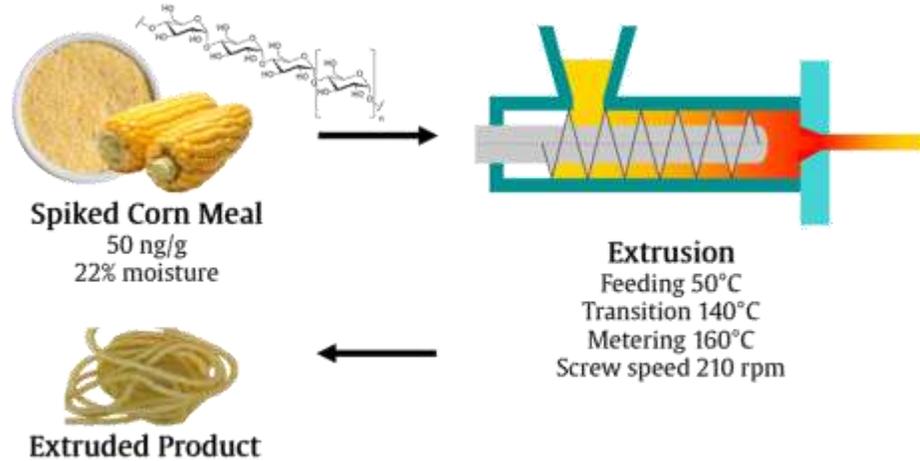


Redução dos Níveis de Micotoxinas na Ração

Biodisponibilidade???

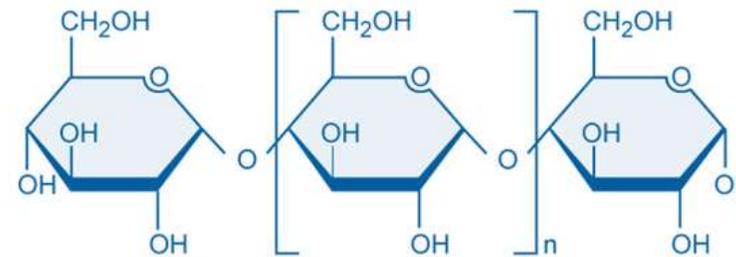
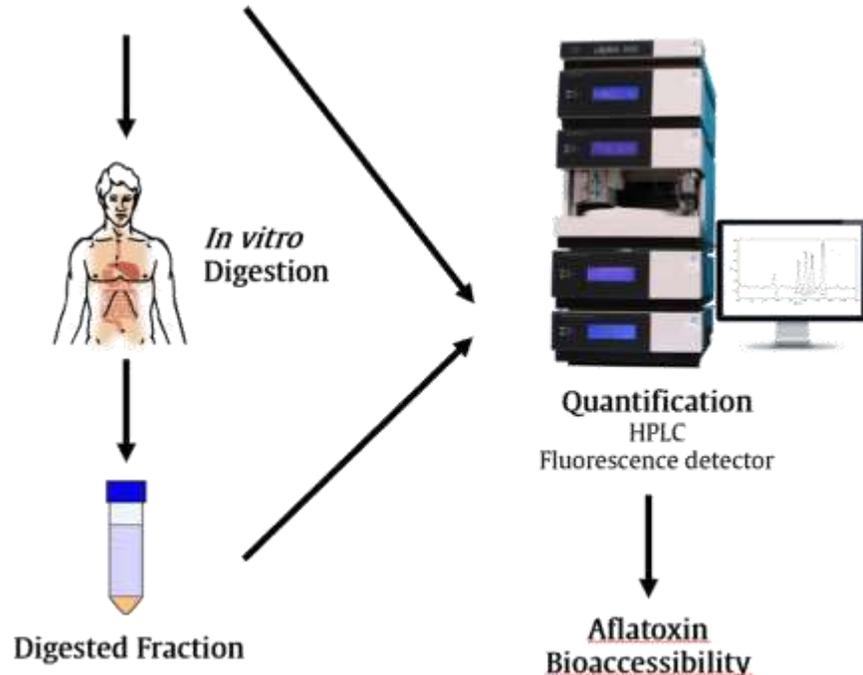


Efeitos da Extrusão

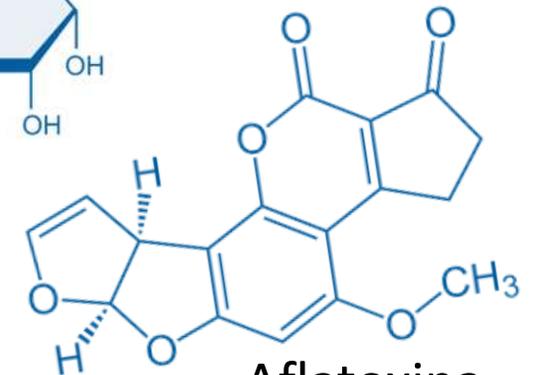


Aflatoxinas

Avaliar o papel do processo de extrusão nos níveis de aflatoxinas e na bioacessibilidade da toxina em farinha de milho, na presença e ausência de amilose.

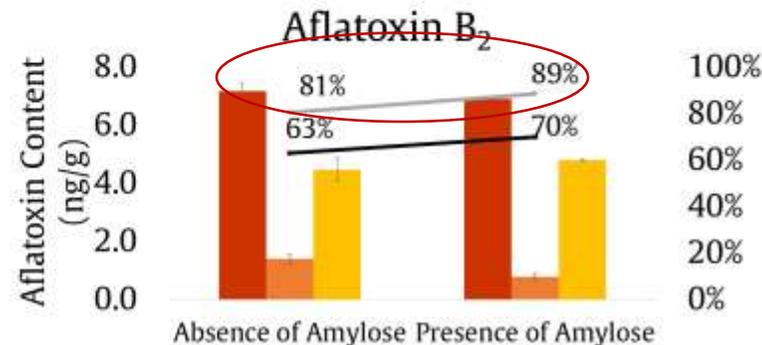
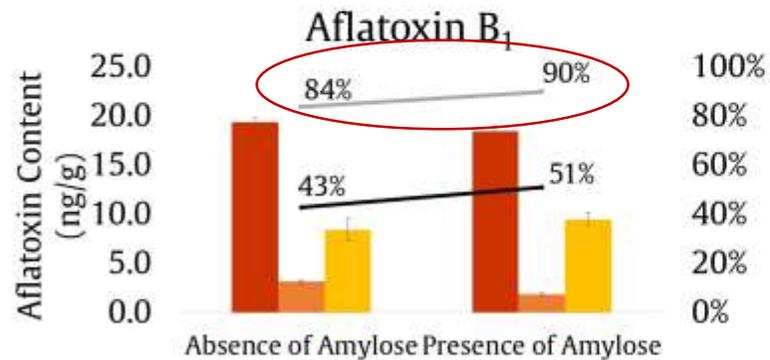
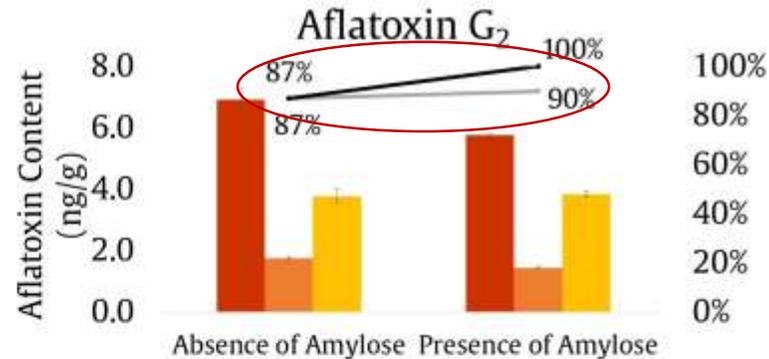
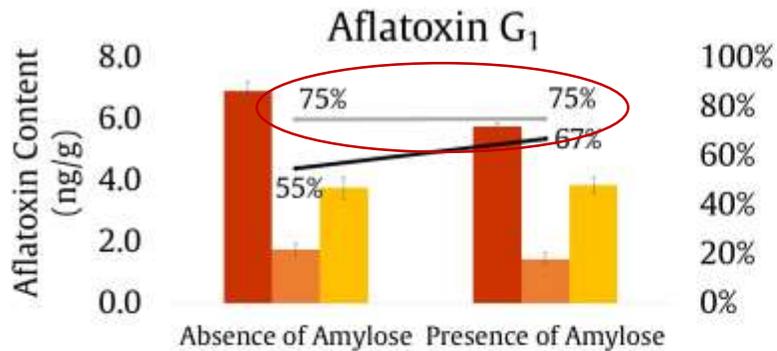


Amilose



Aflatoxina

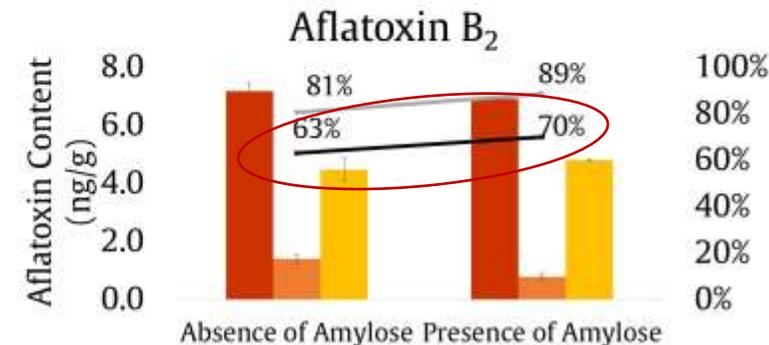
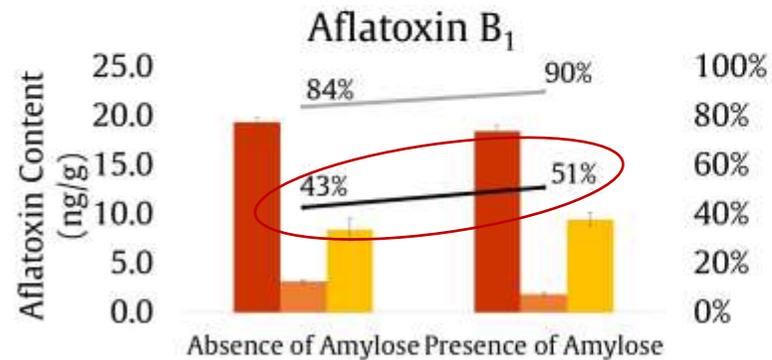
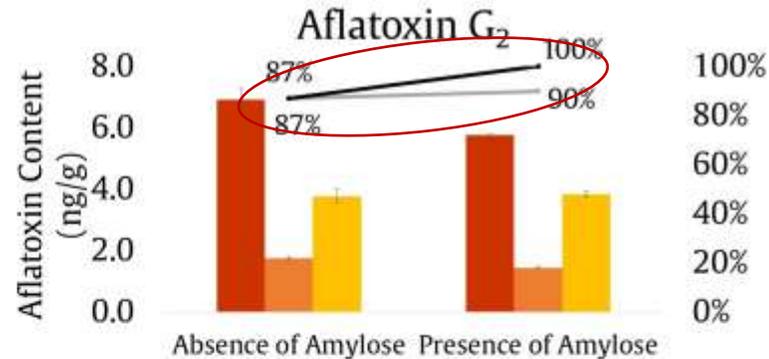
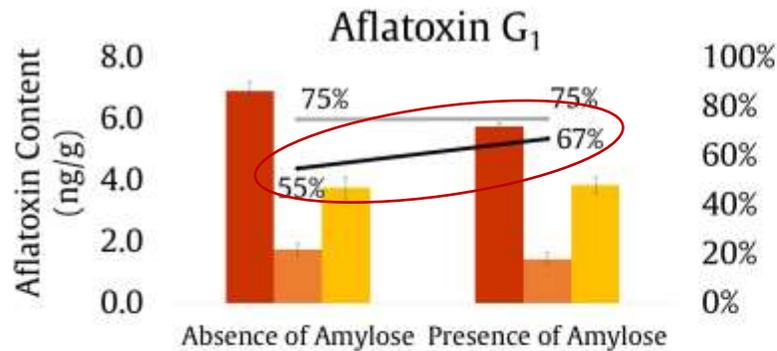
Efeitos da Extrusão



Parte da aparente redução da contaminação por aflatoxinas durante o processo de extrusão pode ter sido resultado das interações entre aflatoxinas e as macromoléculas na matrix do produto.

■ Unextruded ■ Extruded ■ Intestine – Reduction – Bioaccessibility

Efeitos da Extrusão

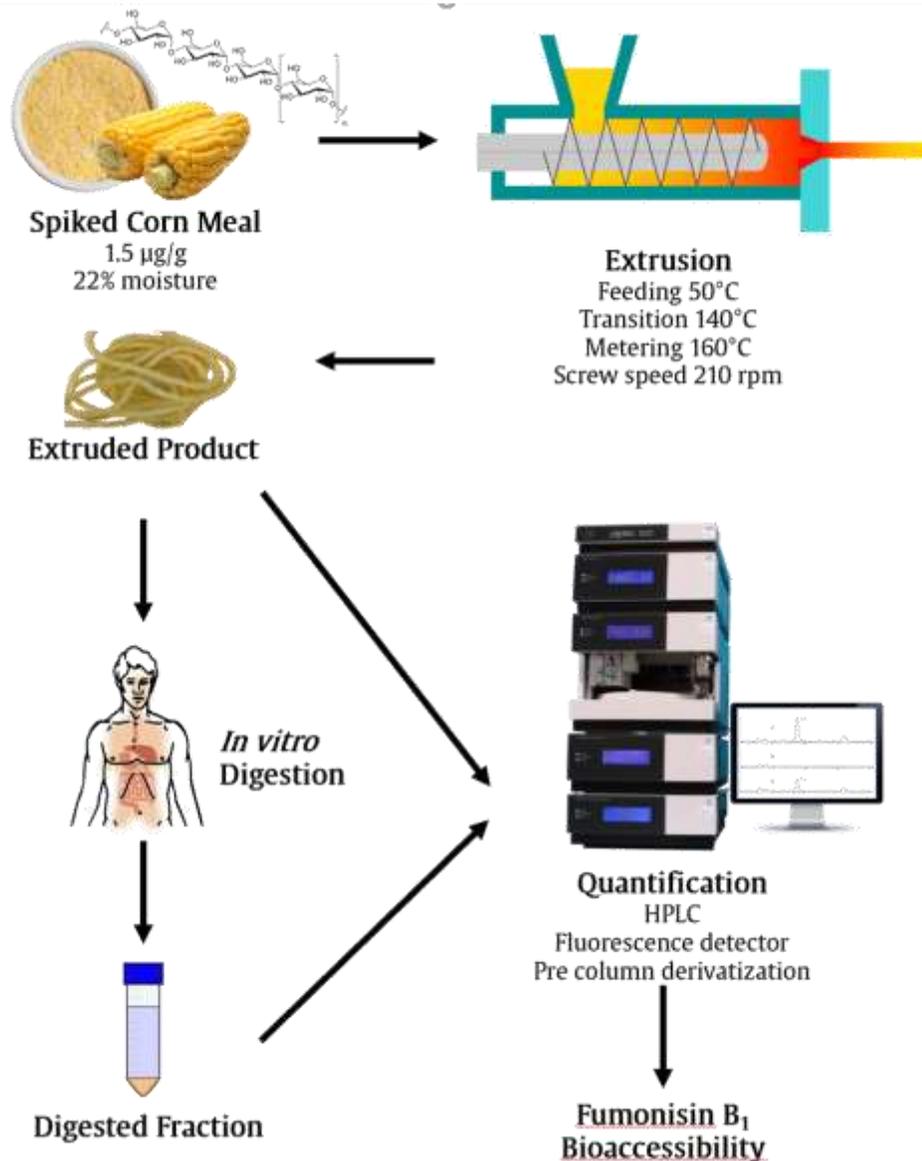


■ Unextruded ■ Extruded ■ Intestine – Reduction – Bioaccessibility

Parte da aparente redução da contaminação por aflatoxinas durante o processo de extrusão pode ter sido resultado das interações entre aflatoxinas e as macromoléculas na matrix do produto.

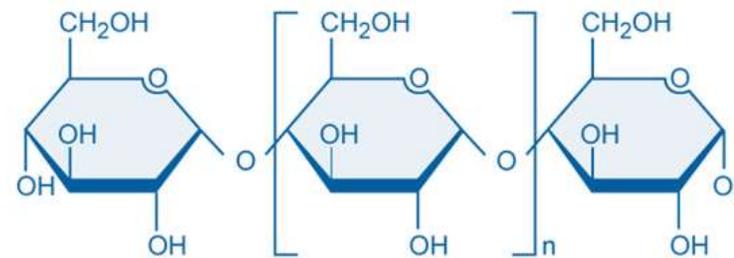
Depois da digestão, parte dessas toxinas que estavam ligadas se tornam disponíveis para absorção no intestino delgado.

Efeitos da Extrusão

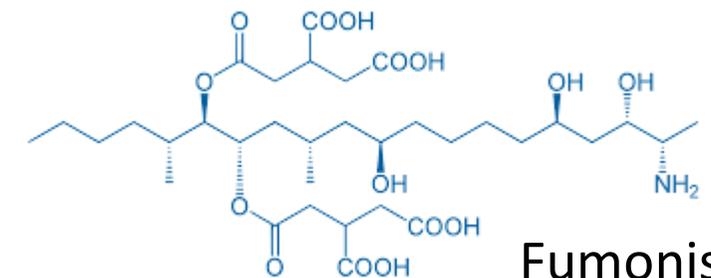


Fumonisin

Determinar o efeito da amilose nos níveis de fumonisin B₁ e na bioacessibilidade da toxina em produtos à base de milho e extrusados.



Amilose

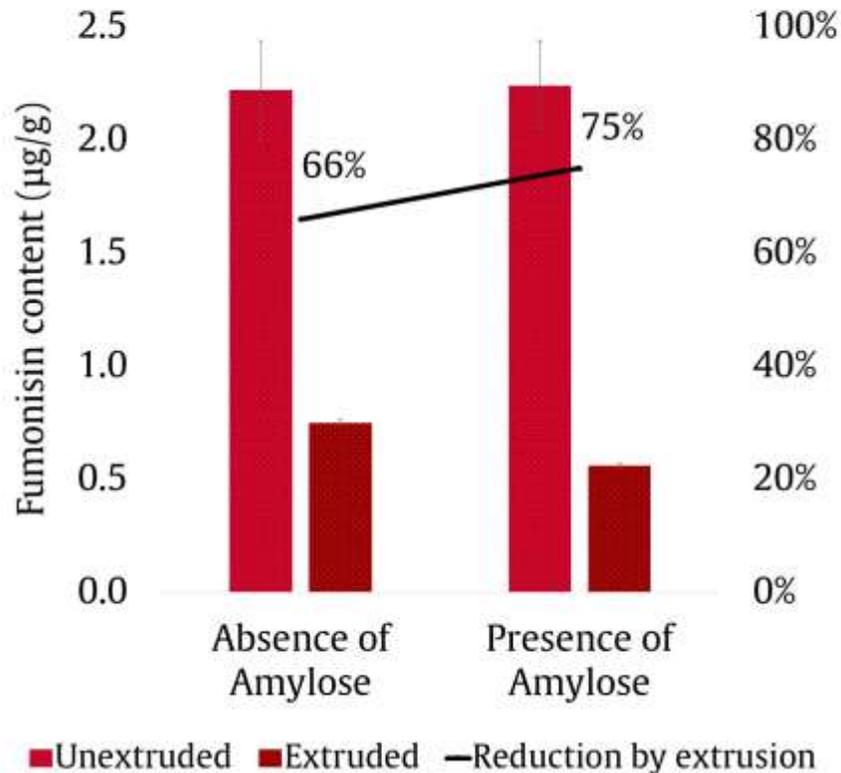


Fumonisin

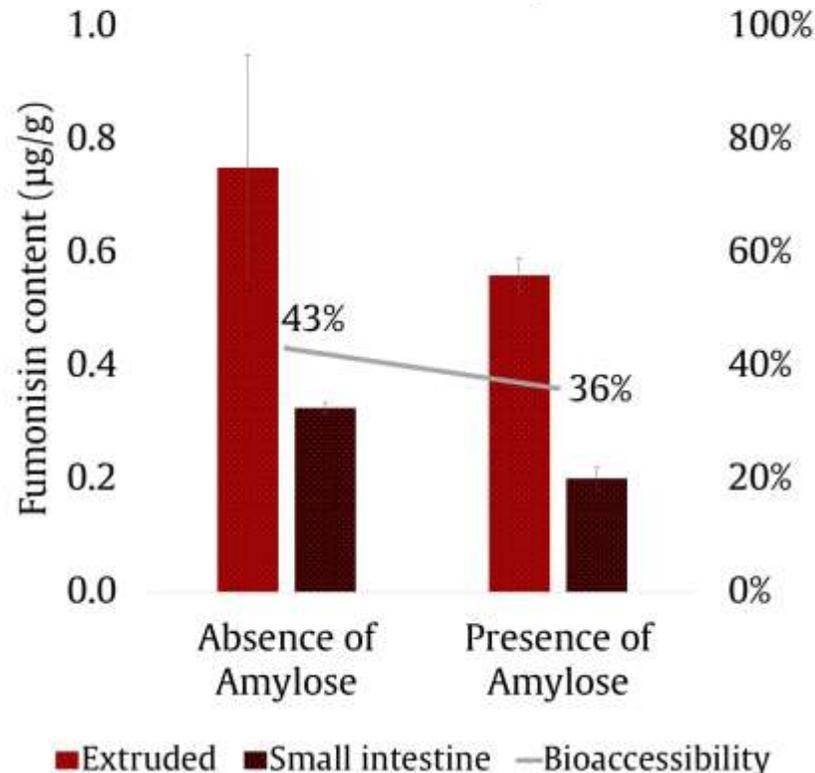
Efeitos da Extrusão



Fumonisin B1 Reduction

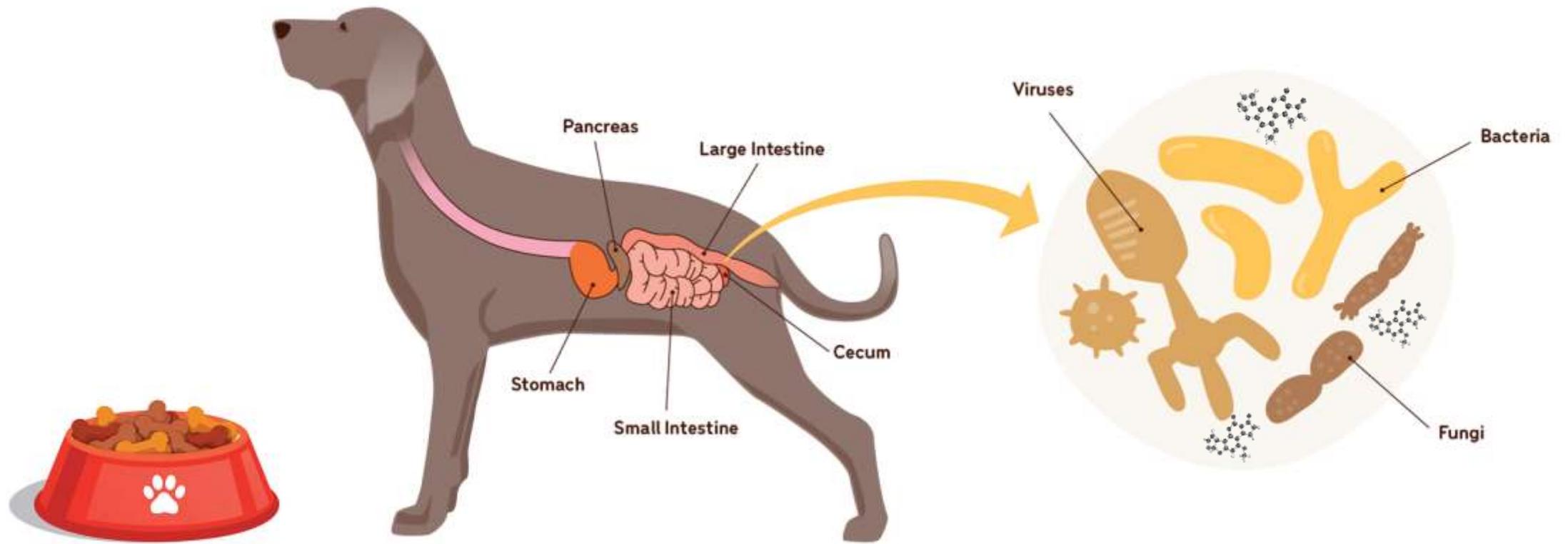


Fumonisin B1 Bioaccessibility

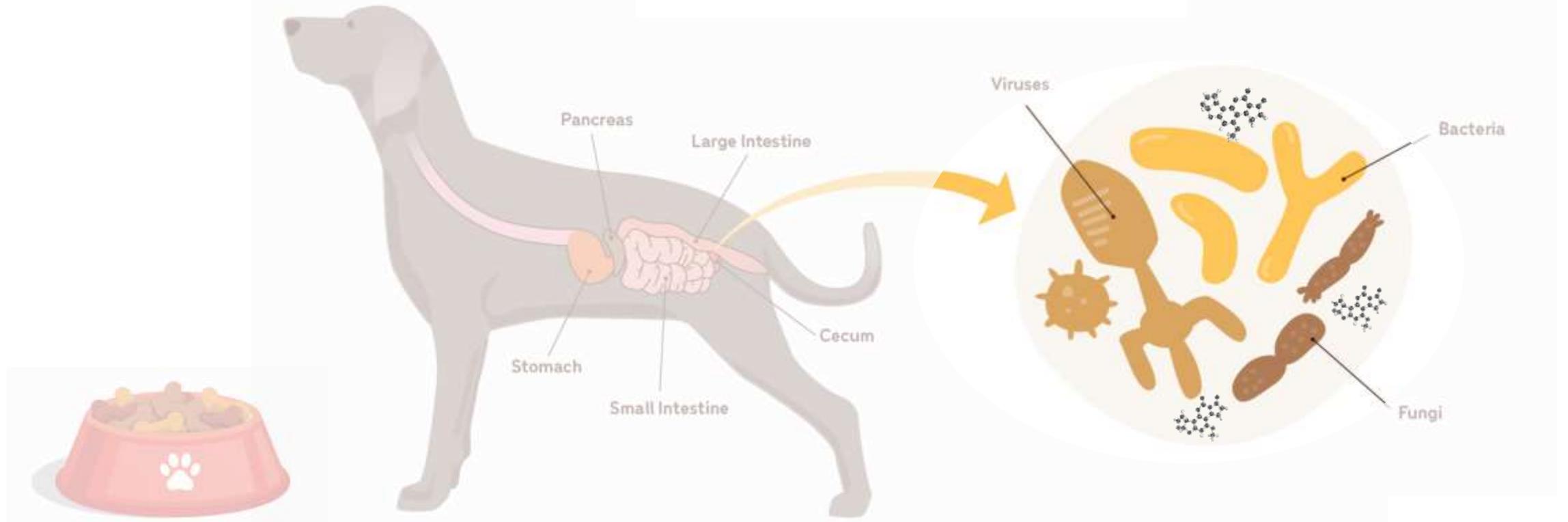


A extrusão contribue como uma forma de mitigação de fumonisinas B₁ em alimentos extrusados.

A adição de amilose contribui ainda mais para minimizar o risco de exposição durante a digestão, por reduzir a bioaccessibilidade da fumonissina B₁.

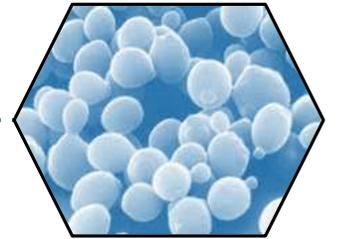


Micotoxinas e Saúde Animal: *Ins and Outs!*

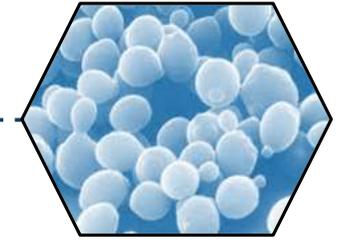


Micotoxinas e Saúde Animal: *Ins and Outs!*

Uso de Adsorventes



Tipos de Adsorventes



Micotoxinas interagem com adsorventes por ligações hidrofóbicas, ligações de hidrogênio, atração eletrostática ou ligações de repulsão e coordenação.



Adsorventes de Micotoxinas

Inorgânico

Orgânico

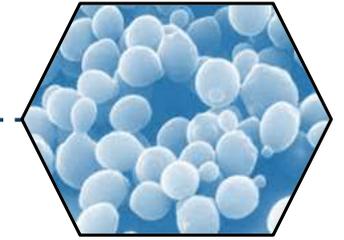
Filossilicatos (bentonita)

Tectosilicato (zeólitos)

Parede Celular de Levedura

Carvão Ativado

Tipos de Adsorventes



Micotoxinas interagem com adsorventes por ligações hidrofóbicas, ligações de hidrogênio, atração eletrostática ou ligações de repulsão e coordenação.



Adsorventes de Micotoxinas

Inorgânico

Orgânico

Filossilicatos (bentonita)

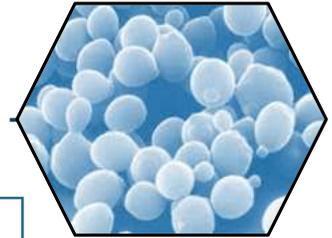
Tectosilicato (zeólitos)

FAU

Parede Celular de Leveduras e Bactérias

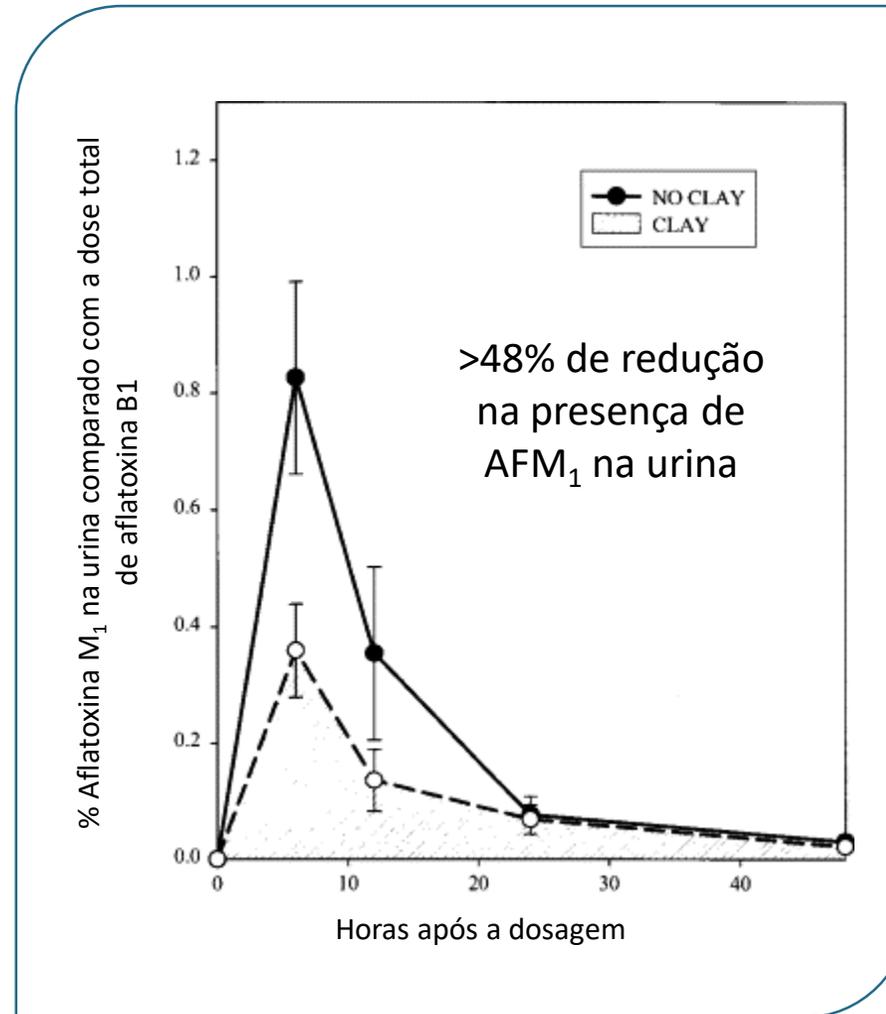
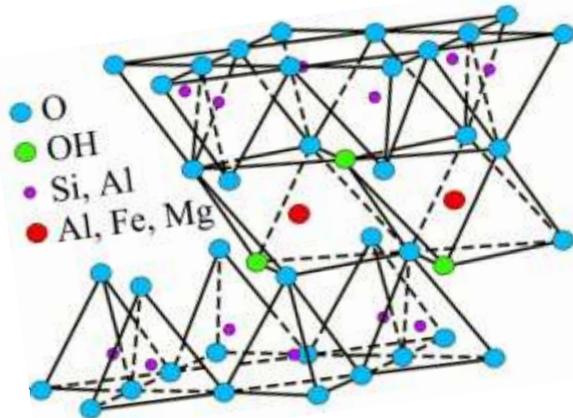
Carvão Ativado

Interações com Aluminossilicatos



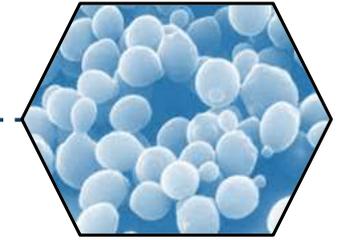
- Desenho experimental:
 - Estudo cruzado com 6 cães
 - Ração comercial ou ração adicionada com HSCAS* no material de cobertura
 - Adição de 0.5% HSCAS
 - Exposição a doses sub-clínicas de aflatoxina B₁

*Hydrated sodium calcium aluminosilicate (HSCAS)



Fonte: Bingham et al., 2004.

Tipos de Adsorventes



Micotoxinas interagem com adsorventes por ligações hidrofóbicas, ligações de hidrogênio, atração eletrostática ou ligações de repulsão e coordenação.



Adsorventes de Micotoxinas

Inorgânico

Orgânico

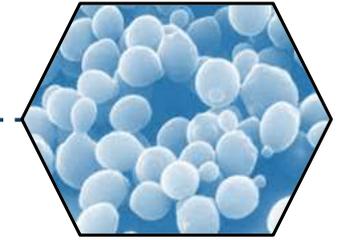
Filossilicatos (bentonita)

Tectosilicato (zeólitos)

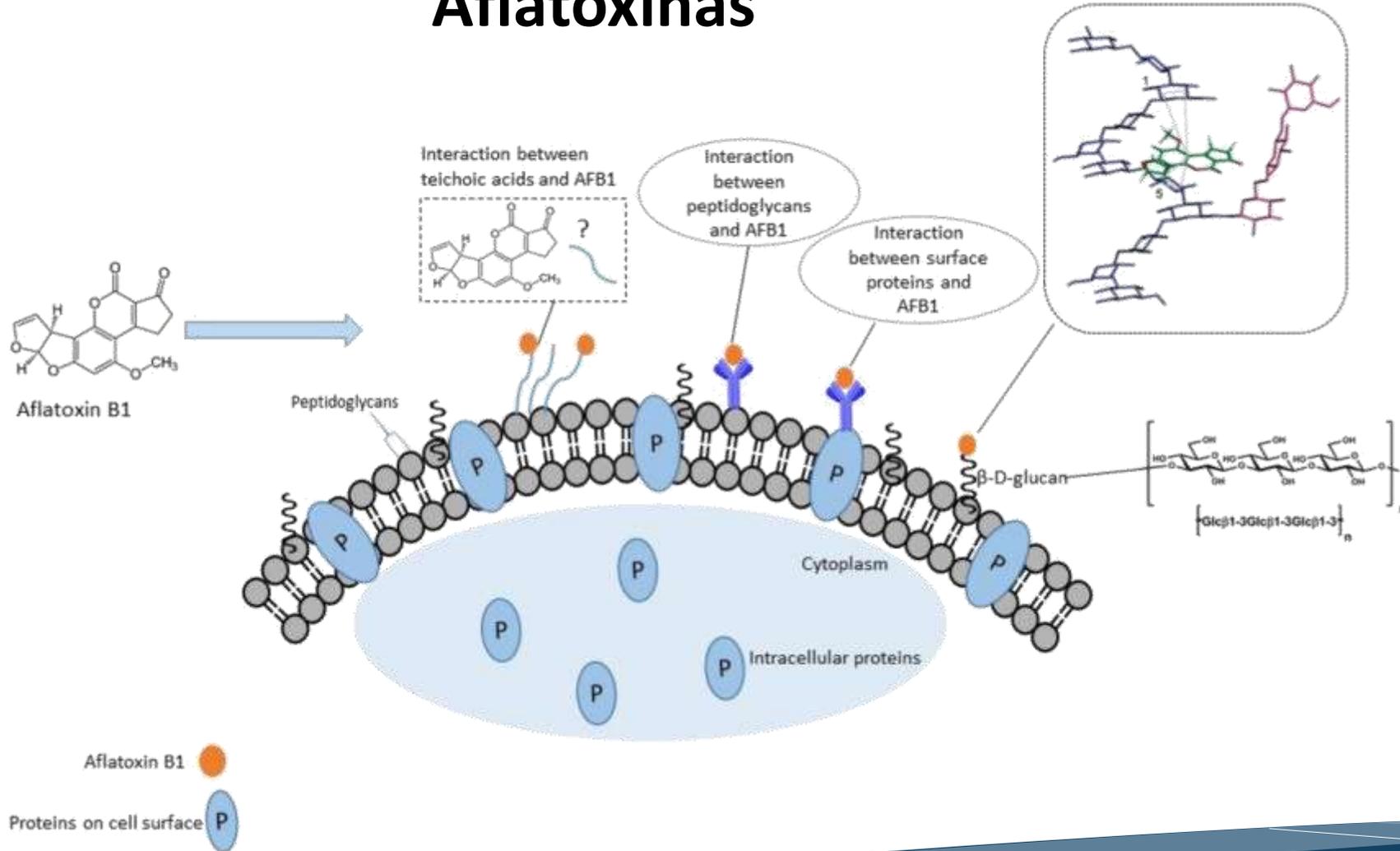
Parede Celular de Leveduras e Bactérias

Carvão Ativado

Interações com Bactérias Ácido Láticas



Aflatoxinas



Toxina interage com:

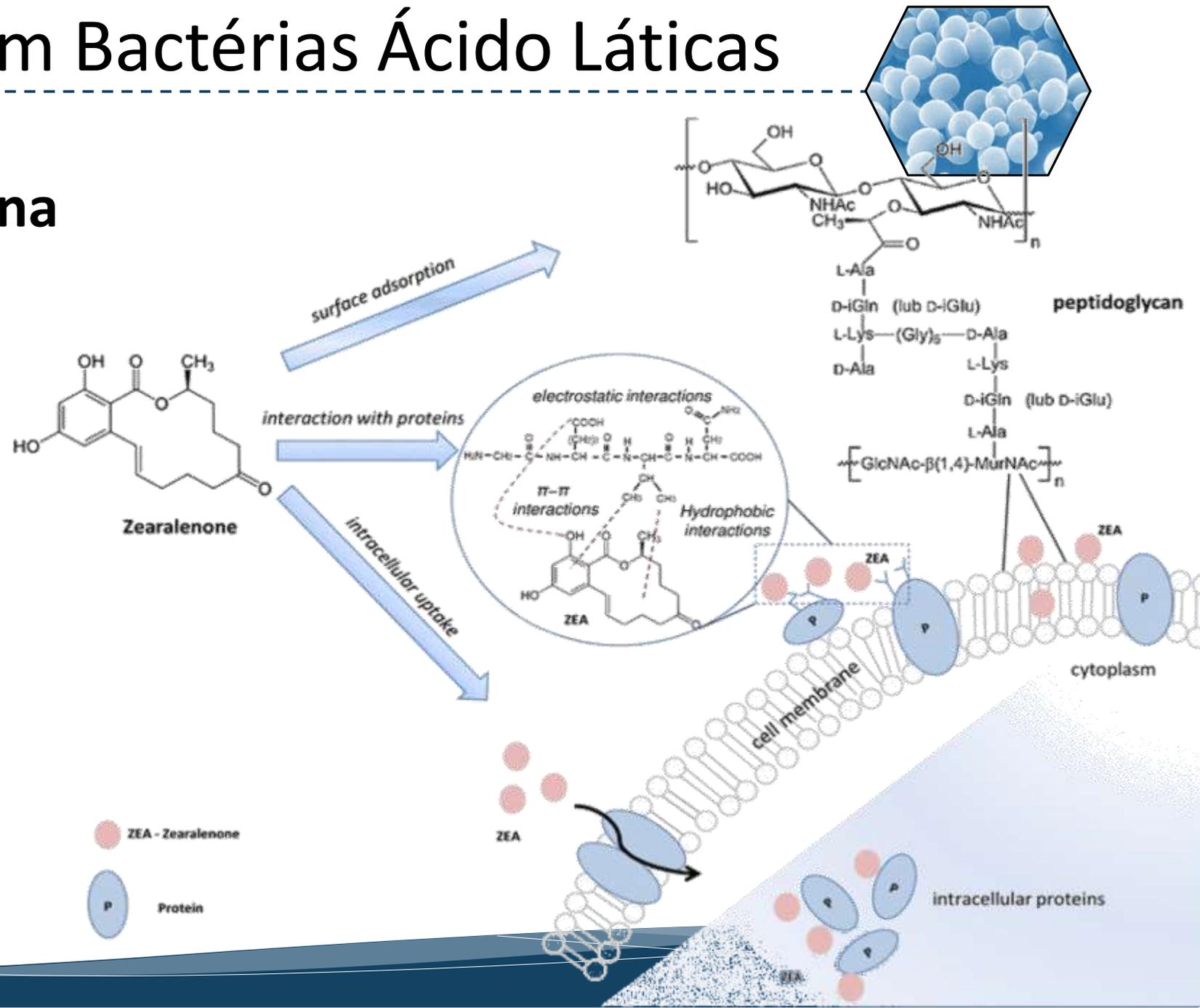
- ✓ Ácido tecóico
- ✓ Peptidoglicanos
- ✓ Proteínas de superfície
- ✓ Beta-glucanos por pontes de hidrogênio e forças de Van de Waals

Interações com Bactérias Ácido Láticas

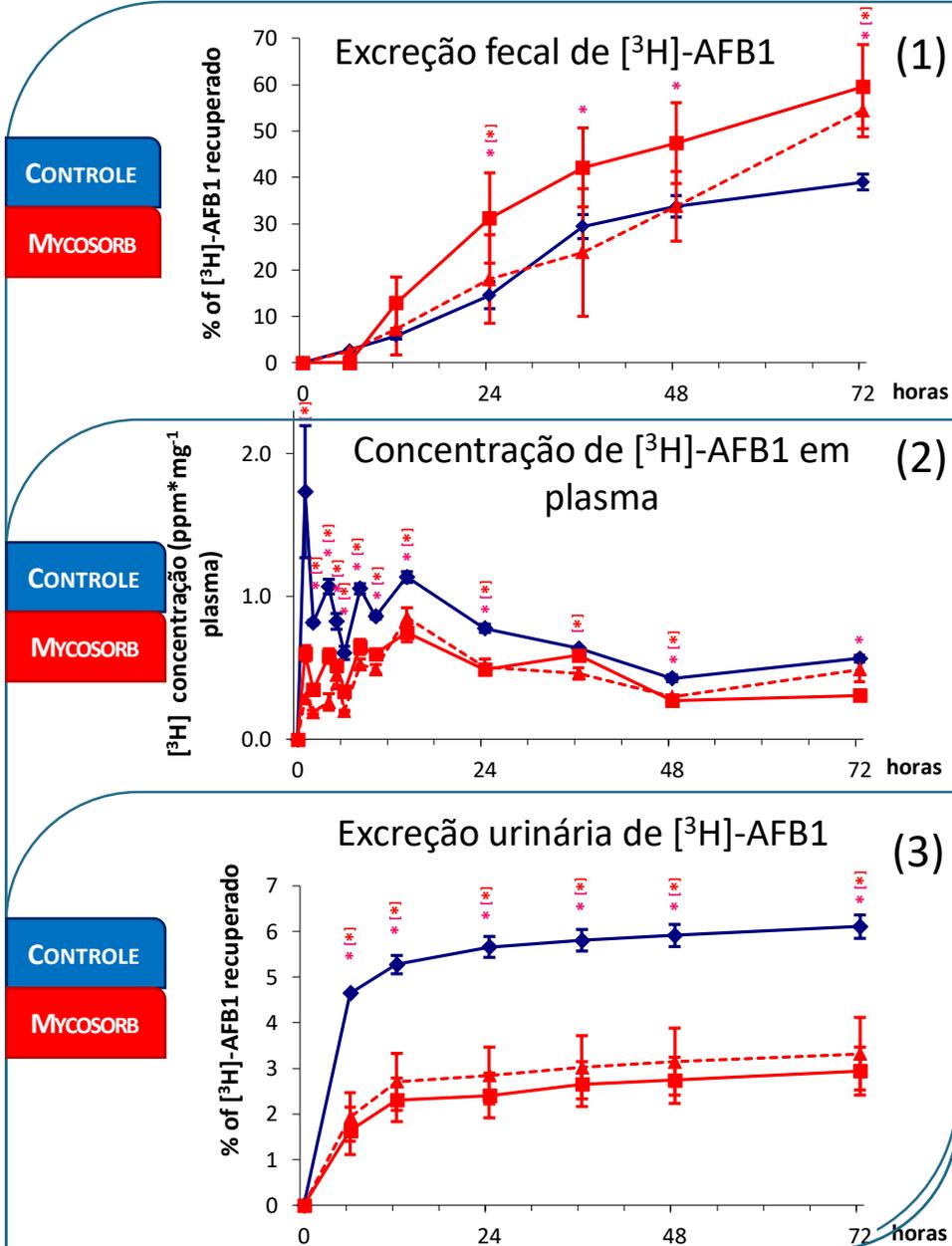
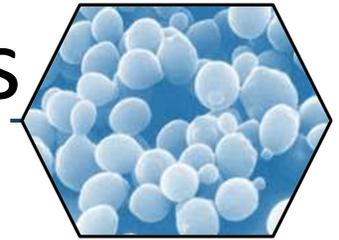
Zearalenona

Toxina interage com:

- ✓ Proteínas de superfície através de interações eletrostáticas, de tipo π - π e hidrofóbicas
- ✓ Peptidoglicanos
- ✓ Proteínas intracelulares após o transporte intracelular



Interações com Leveduras



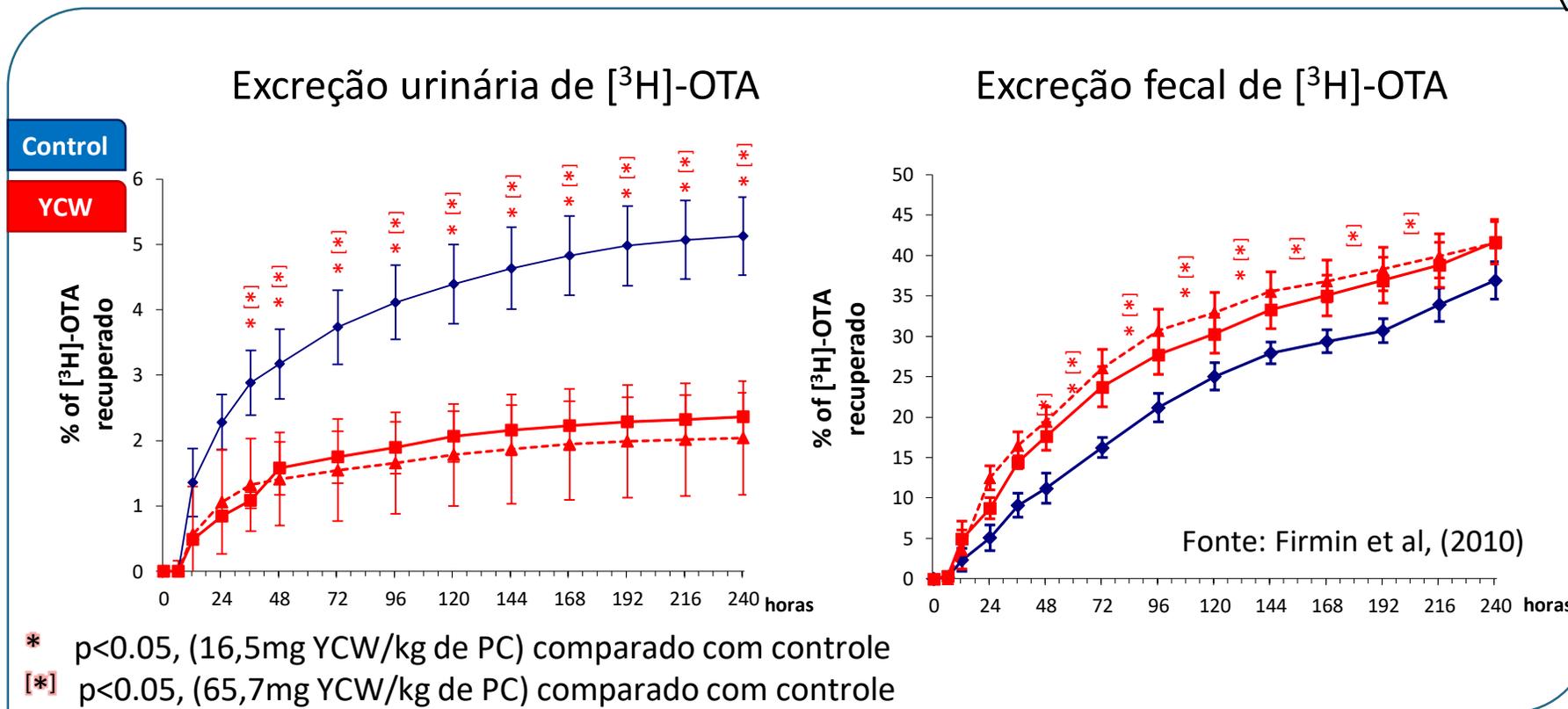
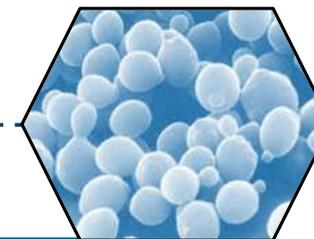
Recuperação de $[^3\text{H}]$ -AFB1 em função do tempo após a administração oral de 716 ng of AFB1/kg PC a ratos Sprague-Dawley (n=5 por tratamento)

- Uso do produto à base de leveduras:
 - Redução na absorção de AFB1
 - Aumento na excreção de AFB1

Fonte: Firmin *et al.*, 2010.

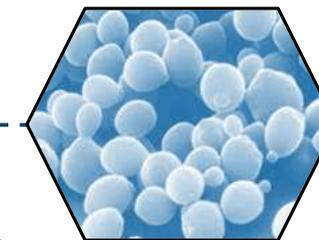
* $p < 0.05$, (16,5mg YCW/kg of PC) comparado com o controle
[*] $p < 0.05$, (65,7mg YCW/kg of PC) comparado com o controle

Interações com Leveduras

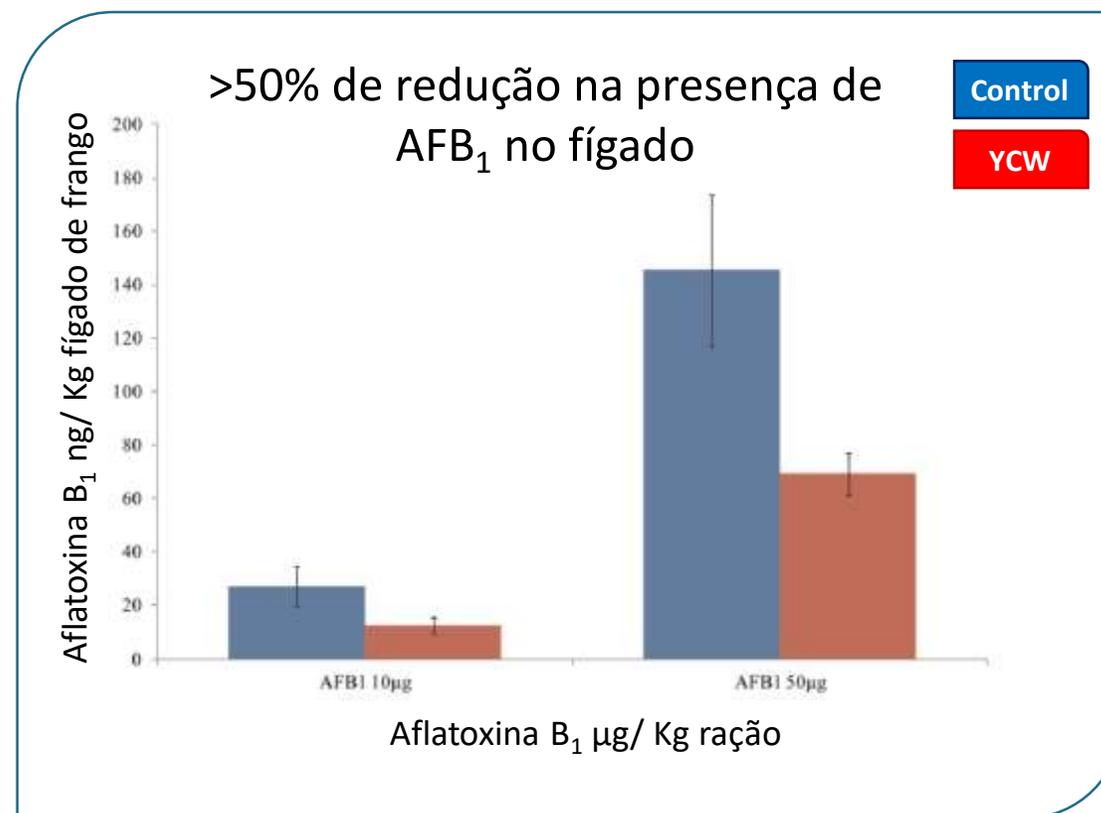


Recuperação de [3H]-OTA em função do tempo após a administração oral de 3.22 µg de OTA/kg PC a ratos Sprague-Dawley Rats (n=5 por tratamento).

Interações com Leveduras

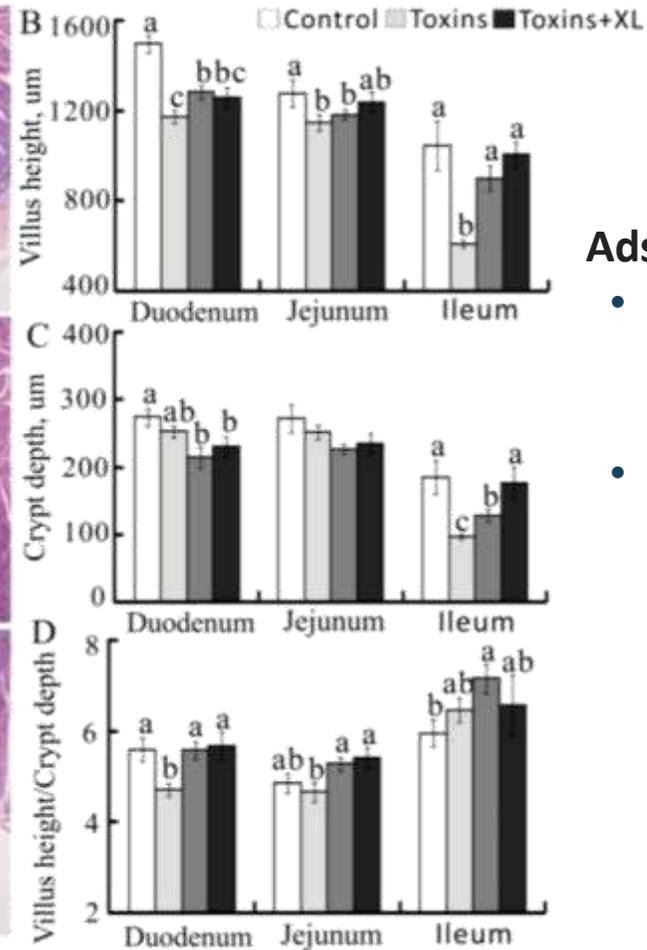
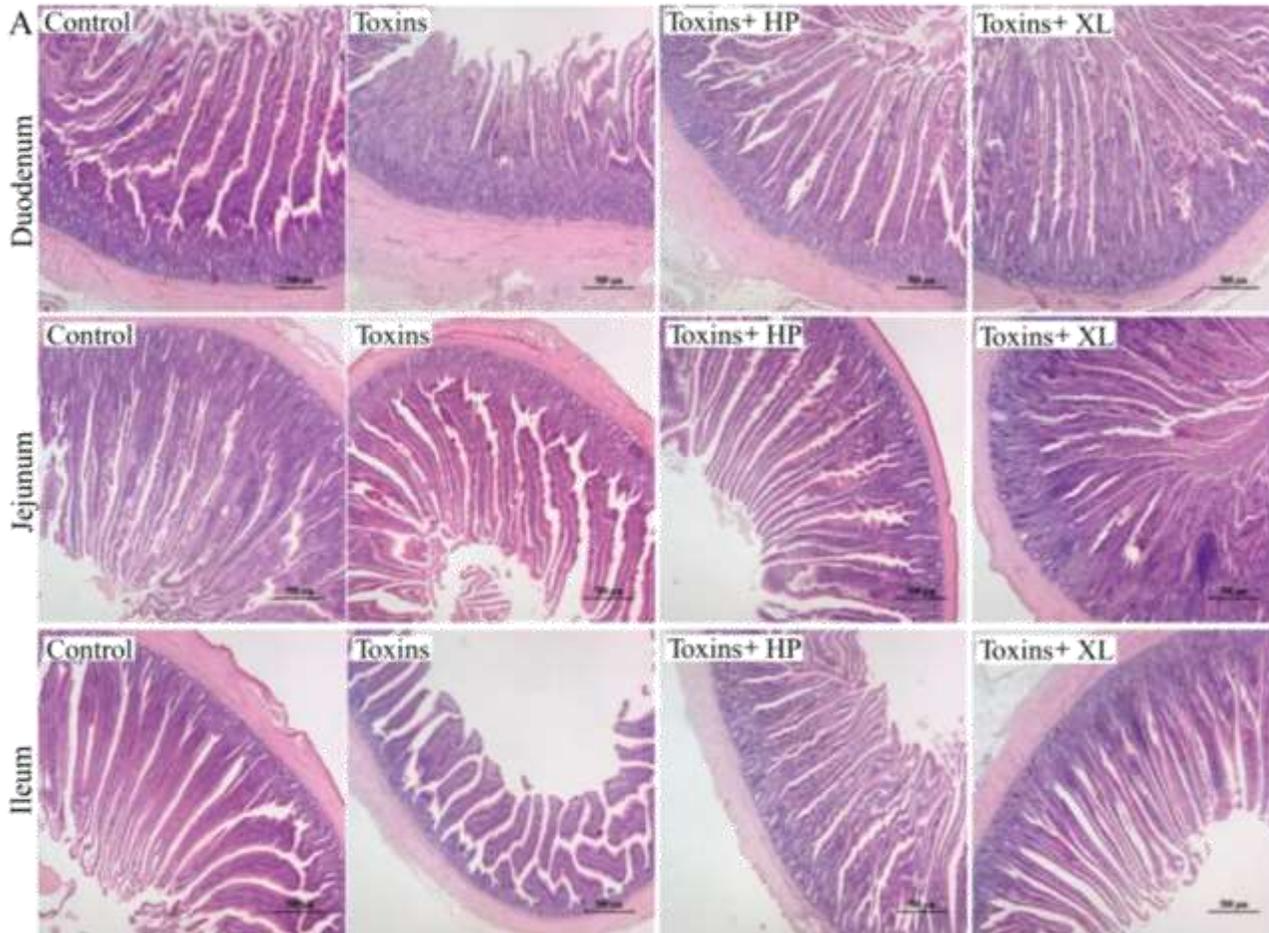
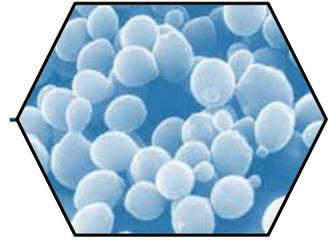


Acúmulo de aflatoxina B₁ no fígado de frangos após a exposição a rações contaminadas, na ausência e na presença de adsorventes de micotoxinas:



Fonte: Moran *et al.*, 2013.

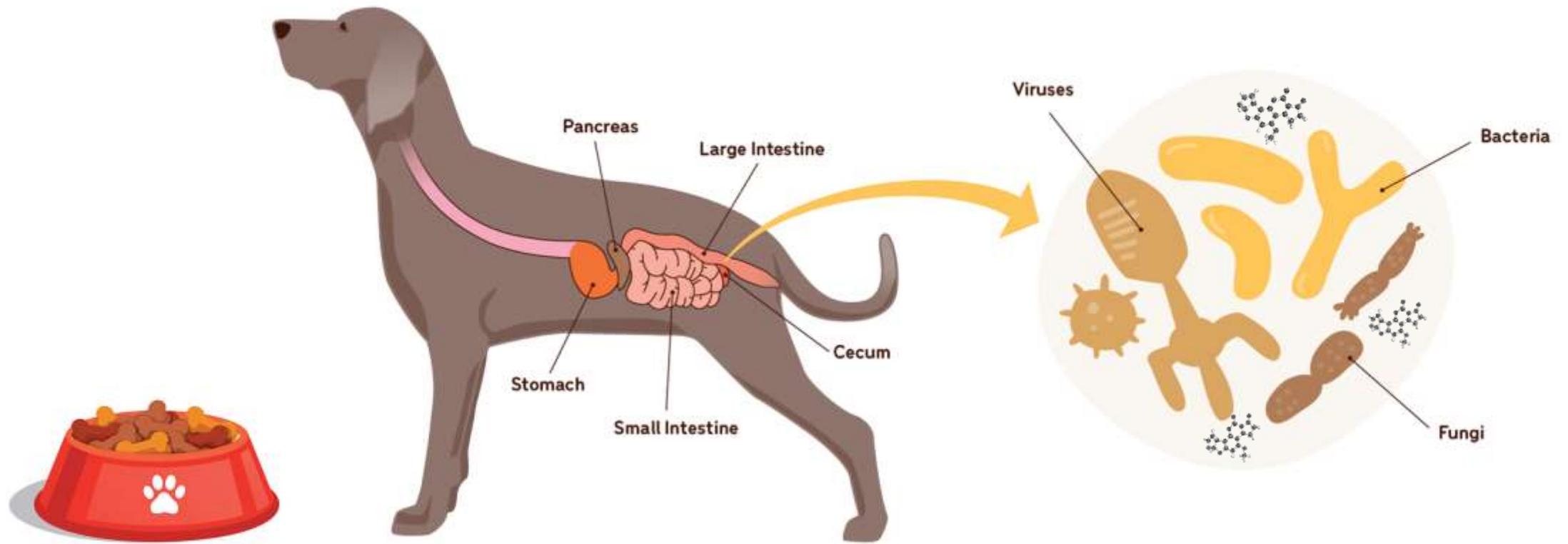
Consequências da Presença de Micotoxinas no Intestino



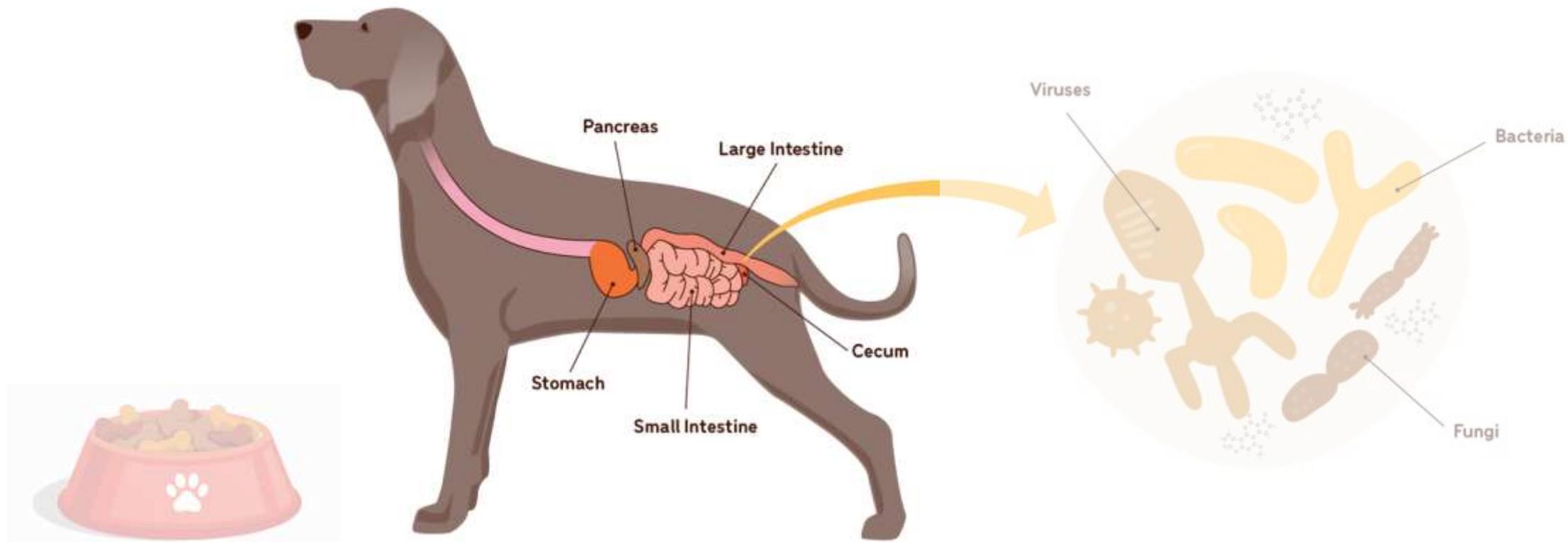
Adsorventes HP e XL:

- Mistura de bentonitas e parede celular de leveduras (β -1,3/1,6-glucanos)
- Modos de ação:
 - Redução na biodisponibilidade
 - Proteção da saúde intestinal
 - Immunomodulação

Zhao *et al.*, 2021.



Micotoxinas e Saúde Animal: *Ins and Outs!*



Micotoxinas e Saúde Animal: *Ins and Outs!*

Efeitos do Processamento



Extraídas/removidas do produto

Destruídas

Modificadas para formar derivados

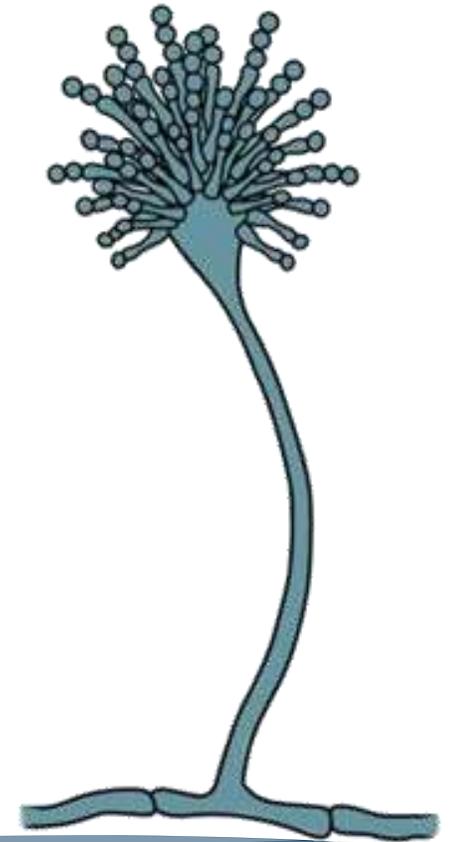
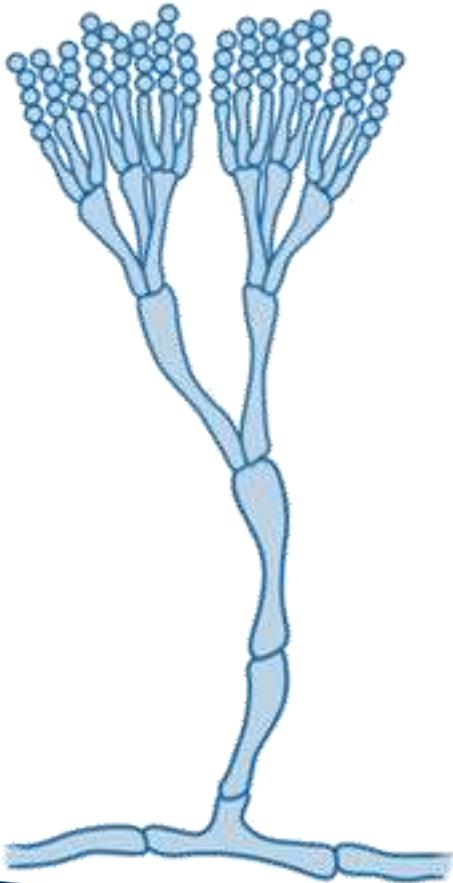
Interação com componentes do produto



Redução dos Níveis de Micotoxinas na Ração

Biodisponibilidade

Redução da Toxicidade???



Efeitos da Extrusão em Fumonisinas



- Milho do tipo canjica
 - Não contaminado
 - Contaminado com 30 $\mu\text{g/g}$ FB_1
 - Fermentado com *F. verticillioides* M-2552
(40-50 $\mu\text{g/g}$ FB)
- Extrusora
 - Rosca simples
 - Modelo 2003 GR-8 (C.W. Brabender, South Hackensack, NJ)
 - Temperatura: 160°C
 - Velocidade: 60 RPM



Efeitos da Extrusão em Fumonisinas

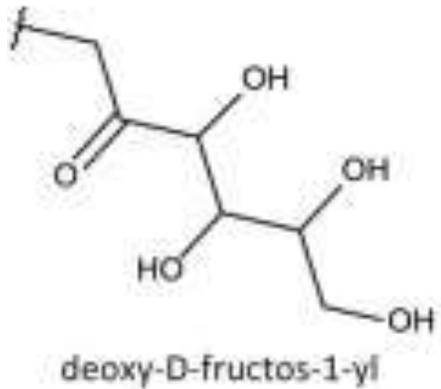
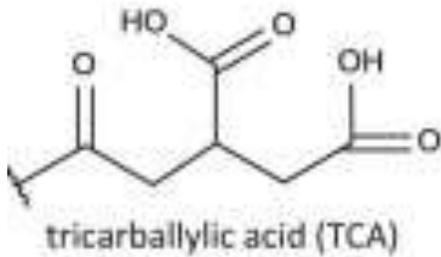
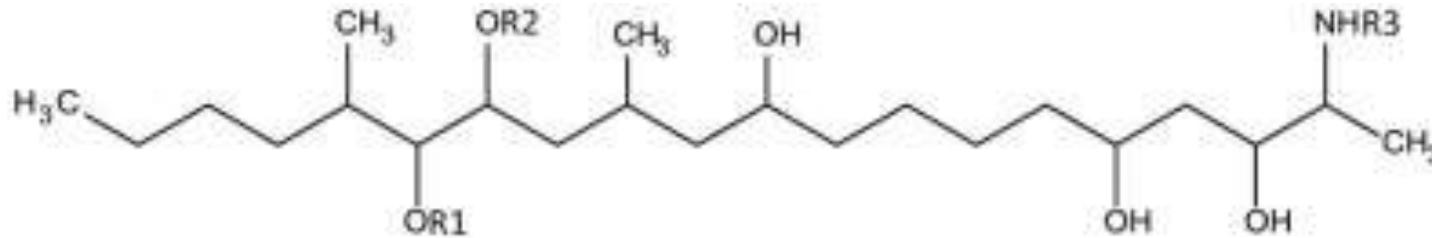


Balanço de Massa:

Derivados de FB₁ em Milho Não Extrusado e Milho Contaminado Extrusado
(nmoles/g dry wt)

Amostra	FB ₁	HFB ₁	NDF-FB ₁	FB ₁ Total
Não extrusado	43.00	1.38	0.57	44.95
Extrusado	34.12	1.49	1.92	37.53
Extrusado + 10% Glicose	9.81	0.49	38.39	48.69

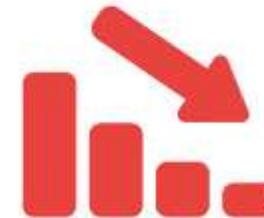
Efeitos da Extrusão em Fumonisininas



Analyte	R1	R2	R3
FB ₁	TCA	TCA	H
pHFB _{1a}	TCA	H	H
pHFB _{1b}	H	TCA	H
HFB ₁	H	H	H
NDF	TCA	TCA	deoxy-D-fructos-1-yl



Toxicidade???

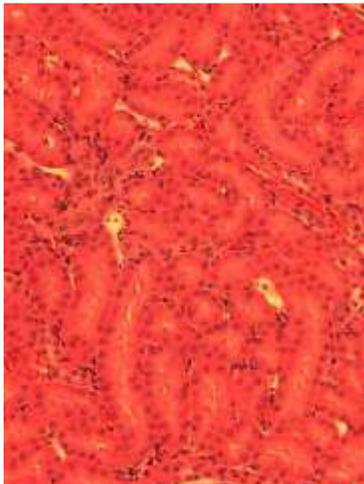


Efeitos da Extrusão em Fumonisinias

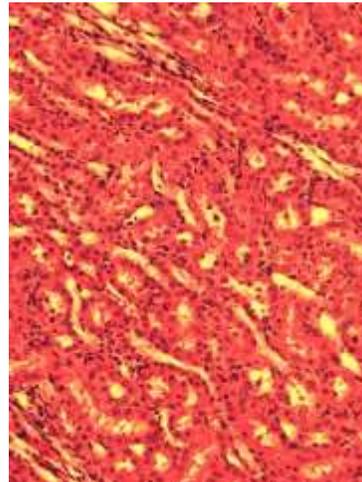


- Diferenças significativas no peso dos rins:
 - Milho contaminado e fermentado – Taxas mais baixas
 - Milho extrusado (contaminado e fermentado) – Taxas mais baixas
- Histopatologia dos rins
 - Foram encontradas lesões microscópicas nos rins dos ratos tratados com fumonisina
 - Lesões foram menos severas em ratos tratados com milho extrusado com glicose

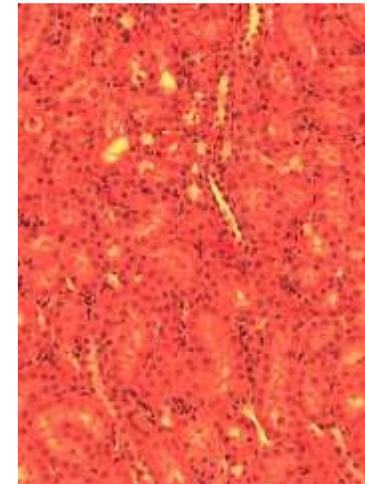
Controle
(sem fumonisina)



Milho Contaminado



Milho Contaminado
Extrusado com Glicose



Efeitos da Extrusão em Fumonisinas



Reduction of Fumonisin B₁ in Corn Grits by Single-Screw Extrusion

Journal of Food Protection, Vol. 71, No. 10, 2008, Pages 2036-2041

Reduced Toxicity of Fumonisin B₁ in Corn Grits by Single-Screw Extrusion

Reduction of Fumonisin B₁ in Corn Grits by Twin-Screw Extrusion

Lauren S. Jackson, Joseph Jablonski, Lloyd B. Bullerman, Andreia Bianchini, Milford A. Hanna, Kenneth A. Voss,
April B. Hult, and David S. Hinton

Extrusion cooking with glucose supplementation of fumonisin-contaminated corn grits protects against nephrotoxicity and disrupted sphingolipid metabolism in rats

Kenneth A. Voss¹, Ronald T. Riley¹, Lauren S. Jackson², Joseph E. Jablonski²,
Andreia Bianchini³, Lloyd B. Bullerman³, Milford A. Hanna³ and David S. Hinton⁴

Segurança Alimentar Animal



A nível de sistema:

Redução da toxicidade por métodos físico-químicos, como a extrusão.

Redução da biodisponibilidade de micotoxinas:

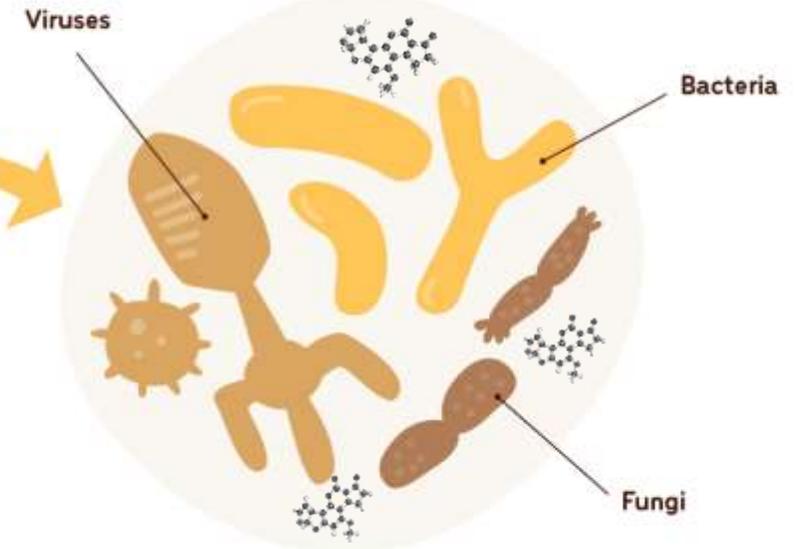
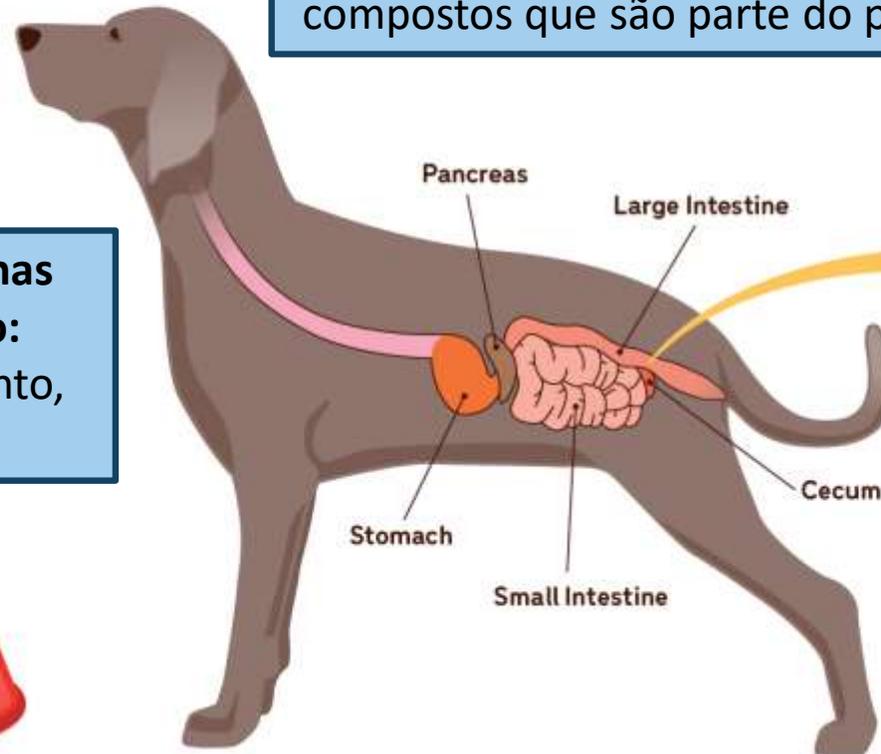
Extrusão reduz a biodisponibilidade de micotoxinas por sua ligação a outros compostos que são parte do produto.

Redução da absorção:

Uso de adsorventes, degradação de micotoxinas a nível intestinal.

Redução de micotoxinas pelo processamento:

Limpeza, selecionamento, extrusão.



Agradecimentos



AGRICULTURAL RESEARCH





