

**JOSÉ MIGUEL SORIANO DEL CASTILLO**  
(Director-Coordenador)

# **MICOTOXINAS EN ALIMENTOS**

**José Miguel Soriano del Castillo**  
(Director-Coordinator)

# MICOTOXINAS EN ALIMENTOS

M. Soriano del Castillo  
Sanitat i d'Alimentació  
de Barcelona

Rosa M. Valls  
Sanitat i d'Alimentació  
de Barcelona

M. Rosa de la Torre  
Sanitat i d'Alimentació  
de Barcelona

Pedro A. Escobedo  
(CNA) - Madrid

E. Javier Calvo  
Sanitat i d'Alimentació  
de Barcelona

Magda Carrugat  
Universitat de València  
D.E. Mérida

Gemma Castellà  
Sanitat i d'Alimentació  
de Barcelona



**DIAZ DE SANTOS**

# Índice

---

PRÓLOGO .....	XXIII
PREFACIO .....	XXV
PRIMERA PARTE: GENERALIDADES .....	1
1. INTRODUCCIÓN .....	3
1. ¿Qué son las micotoxinas? .....	3
2. Las micotoxinas en la Historia .....	4
2.1. Orígenes .....	4
2.2. El fuego de San Antonio y las micotoxinas .....	6
2.3. Las brujas de Salem y la implicación de las micotoxinas ...	7
2.4. La presencia simultánea de micotoxinas y micotoxicosis en Rusia .....	11
2.5. Las micotoxinas en la ficción novelada .....	13
3. Referencias bibliográficas .....	13
2. TOXICIDAD Y EVALUACIÓN DE RIESGOS .....	15
1. Introducción .....	15
2. Toxicidad .....	16
3. Evaluación de riesgos .....	19
4. Referencias bibliográficas .....	27
3. ESPECIES PRODUCTORAS DE MICOTOXINAS .....	29
1. Introducción .....	29
2. Caracteres utilizados en la identificación de hongos .....	31
2.1. Características diferenciales del género <i>Penicillium</i> .....	32
2.2. Características diferenciales del género <i>Aspergillus</i> .....	35

2.3.	Características diferenciales del género <i>Fusarium</i> .....	47
3.	Métodos utilizados para detectar hongos micotoxígenos .....	52
3.1.	Métodos basados en la utilización de medios de cultivo diferenciales .....	53
3.2.	Métodos basados en técnicas cromatográficas .....	53
3.3.	Métodos basados en técnicas inmunológicas .....	54
3.4.	Métodos basados en técnicas de análisis del ADN .....	54
3.4.1.	Genes utilizados en la identificación de hongos ....	54
3.4.2.	Genes utilizados en la detección de hongos pro- ductores de micotoxinas .....	55
3.4.3.	Técnicas utilizadas en la detección e identificación del ADN amplificado .....	56
4.	Referencias bibliográficas .....	58
4.	FACTORES DETERMINANTES EN LA PRODUCCIÓN DE MICOTOXINAS .....	63
1.	Introducción .....	63
2.	Factores que afectan al desarrollo fúngico y a la producción de micotoxinas .....	68
2.1.	Temperatura .....	68
2.2.	Actividad de agua .....	70
2.3.	Influencia del pH .....	74
2.4.	Sustrato .....	75
2.5.	Interacciones microbianas .....	76
3.	Estrategias para el control de la producción de micotoxinas en alimentos .....	77
3.1.	Fungicidas .....	78
3.2.	Utilización de variedades resistentes, modificación gené- tica o biocompetición .....	80
3.2.1.	Selección de variedades resistentes .....	80
3.2.2.	Control de la contaminación por micotoxinas me- diante la biotecnología .....	80
3.2.3.	Utilización de semillas genéticamente modificadas para el control de insectos .....	81
3.3.	Conservantes y antimicrobianos naturales .....	82
3.3.1.	Conservantes sintéticos .....	82
3.3.2.	Antimicrobianos naturales .....	82
3.4.	Influencia de la atmósfera de almacenamiento .....	83
3.5.	APPCC .....	85
4.	Referencias bibliográficas .....	85

5. ANÁLISIS DE MICOTOXINAS EN ALIMENTOS .....	91
1. Introducción .....	91
2. Extracción y purificación .....	92
2.1. Extracción en fase sólida .....	94
2.1.1. Extracción en fase sólida convencional .....	94
2.1.2. Extracción con columnas Mycosep® .....	94
2.1.3. Dispersión de matriz en fase sólida .....	96
2.1.4. Microextracción en fase sólida .....	96
2.2. Extracción con columnas de intercambio iónico .....	96
2.3. Extracción con columnas de inmunoafinidad .....	97
2.4. Extracción por fluidos supercríticos .....	99
2.5. Extracción asistida por microondas .....	99
2.6. Extracción acelerada por disolventes .....	100
3. Técnicas de exploración o <i>screening</i> .....	100
3.1. Inmunoensayos .....	100
3.2. Biosensores .....	103
4. Técnicas de confirmación .....	105
4.1. Cromatografía en capa fina .....	105
4.2. Electroforesis capilar .....	107
4.3. Cromatografía gaseosa .....	109
4.4. Cromatografía líquida .....	109
5. Referencias bibliográficas .....	113
6. TRAZABILIDAD Y DESCONTAMINACIÓN/DETOXIFICACIÓN DE LAS MICOTOXINAS .....	119
1. Introducción .....	119
2. Control .....	119
2.1. Buenas prácticas agrícolas .....	120
2.2. Buenas prácticas de almacenaje y manufactura .....	120
2.3. Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC) .....	121
2.3.1. Introducción .....	121
2.3.2. Metodología previa a la aplicación del sistema APPCC .....	122
2.3.3. Principios .....	123
2.3.3.1. Realizar un análisis de peligros .....	123
2.3.3.2. Identificar los Puntos Críticos de Control (PCC) .....	123
2.3.3.3. Establecer los límites críticos en cada PCC .....	124

2.3.3.4.	Establecer los criterios en los controles de vigilancia en cada PCC .....	125
2.3.3.5.	Establecer acciones correctoras .....	125
2.3.3.6.	Verificación del sistema APPCC .....	126
2.3.3.7.	Establecer un sistema de registro de datos ...	126
3.	Descontaminación y detoxificación .....	126
3.1.	Métodos físicos .....	127
3.2.	Métodos químicos .....	129
3.3.	Métodos biológicos .....	130
4.	Referencias bibliográficas .....	131
7.	ASPECTOS LEGISLATIVOS DE LAS MICOTOXINAS Y NORMATIVA VIGENTE .....	133
1.	Introducción .....	133
2.	Principales factores que influyen en el establecimiento de la legislación sobre micotoxinas .....	134
2.1.	Evaluación del riesgo .....	134
2.1.1.	Evaluación del peligro .....	135
2.1.2.	Estimación de la ingesta .....	135
2.1.3.	Evaluación de la exposición .....	137
2.1.4.	Comparación entre la evaluación de la exposición y la estimación de la ingesta segura .....	138
2.2.	Distribución de la micotoxina en el producto y procedimientos de muestreo .....	138
2.3.	Métodos de análisis .....	139
2.4.	Política económica y disponibilidad del alimento .....	141
3.	Legislación actualmente existente sobre micotoxinas .....	141
3.1.	Introducción: la encuesta FAO 2002-2003 .....	141
3.1.1.	Resultados de la encuesta por regiones .....	143
3.1.2.	Resultados de la encuesta por micotoxina o grupo de micotoxinas .....	144
3.2.	Legislación vigente en la Unión Europea y sus transposiciones a la legislación española .....	145
3.2.1.	Legislación relativa a niveles máximos admitidos ....	148
3.2.1.1.	Aflatoxinas .....	148
3.2.1.2.	Patulina .....	150
3.2.1.3.	Ocratoxina A .....	151
3.2.1.4.	Toxinas de <i>Fusarium</i> .....	152
3.2.2.	Legislación relativa a métodos de toma de muestras y métodos de análisis de referencia .....	153

3.2.3.	Recomendaciones comunitarias relativas a programas coordinados de control oficial de productos alimenticios o de alimentación animal que conciernen a las micotoxinas .....	156
3.2.4.	Decisiones comunitarias sobre condiciones especiales para la importación .....	157
3.2.5.	Otras recomendaciones y Directivas de la Comisión .....	158
4.	Conclusiones .....	158
5.	Referencias bibliográficas .....	159
<b>SEGUNDA PARTE: MICOTOXINAS EN ALIMENTOS .....</b>		<b>165</b>
8.	<b>AFLATOXINAS DEL GRUPO B Y G .....</b>	<b>167</b>
1.	Introducción .....	167
2.	Características del compuesto .....	168
3.	Mecanismo de acción .....	170
4.	Toxicología .....	171
4.1.	Toxicidad aguda .....	171
4.2.	Toxicidad crónica .....	173
5.	Incidencia en alimentos .....	175
6.	Ingesta diaria .....	176
7.	Descontaminación/detoxificación .....	178
7.1.	Métodos físicos .....	178
7.2.	Métodos químicos .....	180
7.3.	Métodos biológicos .....	181
8.	Referencias bibliográficas .....	181
9.	<b>AFLATOXINA M<sub>1</sub> .....</b>	<b>185</b>
1.	Introducción .....	185
2.	Características del compuesto .....	185
3.	Toxicología .....	186
3.1.	Toxicocinética .....	186
3.2.	Toxicidad .....	187
4.	Incidencia en alimentos .....	191
5.	Ingesta diaria .....	192
6.	Descontaminación/detoxificación .....	193
6.1.	Métodos físicos .....	193
6.2.	Métodos químicos .....	195
7.	Referencias bibliográficas .....	196



10. OCRATOXINA A .....	201
1. Introducción .....	201
2. Características del compuesto .....	201
3. Toxicología .....	202
3.1. Toxicocinética .....	202
3.2. Toxicidad aguda y toxicidad crónica .....	203
3.3. Mecanismos de toxicidad .....	204
4. Incidencia en alimentos .....	204
4.1. Cereales y derivados .....	206
4.2. Bebidas alcohólicas .....	210
4.3. Café .....	212
5. Ingesta diaria .....	213
6. Descontaminación/detoxificación .....	215
6.1. Métodos físicos .....	215
6.2. Métodos químicos .....	217
6.3. Métodos biológicos .....	217
7. Referencias bibliográficas .....	218
11. FUMONISINAS .....	223
1. Introducción .....	223
2. Características del compuesto .....	223
3. Toxicología .....	224
3.1. Mecanismos de acción .....	224
3.2. Efectos tóxicos .....	225
3.2.1. Efectos sobre el ser humano .....	226
3.2.2. Efectos sobre los animales .....	229
4. Incidencia en alimentos .....	229
4.1. Cereales y derivados .....	229
4.2. Cerveza .....	232
4.3. Leche .....	232
4.4. Alimentos para animales .....	232
5. Ingesta diaria .....	232
6. Descontaminación/detoxificación .....	233
6.1. Métodos físicos .....	234
6.2. Métodos químicos .....	235
6.3. Métodos biológicos .....	235
7. Referencias bibliográficas .....	235



12. PATULINA .....	239
1. Introducción .....	239
2. Características del compuesto .....	240
3. Toxicología .....	241
4. Incidencia en alimentos .....	244
5. Ingesta diaria .....	247
6. Descontaminación/detoxificación .....	249
6.1. Métodos físicos .....	250
6.2. Métodos químicos .....	251
6.3. Métodos biológicos .....	251
7. Referencias bibliográficas .....	252
13. ZEARALENONA .....	255
1. Características del compuesto .....	255
2. Toxicología .....	256
2.1. Toxicidad aguda .....	256
2.2. Toxicidad crónica .....	256
2.3. Efectos en humanos .....	258
3. Incidencia en alimentos .....	258
3.1. Europa .....	260
3.2. África .....	260
3.3. Asia .....	260
3.4. América .....	261
3.5. Oceanía .....	261
4. Ingesta diaria .....	261
5. Descontaminación/detoxificación .....	261
5.1. Métodos físicos .....	261
5.2. Métodos biológicos .....	262
6. Referencias bibliográficas .....	262
14. DEOXINIVALENOL .....	269
1. Introducción .....	269
2. Características del compuesto .....	269
3. Toxicología .....	272
3.1. Toxocinética .....	272
3.2. Toxicidad aguda y subaguda .....	273
3.3. Mecanismo de toxicidad .....	274
4. Incidencia en alimentos .....	276
4.1. Cereales .....	278

4.2.	Harinas y productos elaborados .....	281
4.3.	Cerveza .....	282
5.	Ingesta diaria .....	282
6.	Descontaminación/detoxificación .....	284
6.1.	Métodos físicos .....	285
6.2.	Métodos químicos .....	287
6.3.	Métodos biológicos .....	288
7.	Referencias bibliográficas .....	288
15.	TOXINAS T-2 Y HT-2 .....	293
1.	Introducción .....	293
2.	Características del compuesto .....	294
3.	Toxicología .....	295
4.	Incidencia en alimentos .....	297
5.	Ingesta diaria .....	302
6.	Descontaminación/detoxificación .....	308
6.1.	Métodos físicos .....	308
6.2.	Métodos químicos .....	309
6.3.	Métodos biológicos .....	310
7.	Referencias bibliográficas .....	310
16.	CITRININA .....	313
1.	Introducción .....	313
2.	Características del compuesto .....	313
3.	Toxicología .....	314
4.	Incidencia en alimentos .....	316
5.	Descontaminación/detoxificación .....	318
6.	Referencias bibliográficas .....	321
17.	MONILIFORMINA .....	323
1.	Introducción .....	323
2.	Características del compuesto .....	323
3.	Toxicología .....	326
4.	Incidencia en alimentos .....	328
5.	Descontaminación/detoxificación .....	330
5.1.	Métodos físicos .....	330
5.2.	Métodos químicos .....	330
5.3.	Métodos biológicos .....	331
6.	Referencias bibliográficas .....	331

18. ÁCIDO CICLOPIAZÓNICO .....	335
1. Introducción .....	335
2. Características del compuesto .....	335
3. Toxicología .....	339
4. Incidencia en alimentos .....	340
5. Ingesta diaria .....	342
6. Descontaminación/detoxificación .....	351
7. Referencias bibliográficas .....	352
19. OTRAS MICOTOXINAS .....	357
1. Introducción .....	357
2. Micotoxinas del género <i>Alternaria</i> .....	357
2.1. Alternariol .....	357
2.2. Ácido tenuazónico .....	359
2.3. Altertoxina I-III .....	360
3. Micotoxinas del género <i>Aspergillus</i> .....	361
3.1. Ácido kójico .....	361
3.2. Esterigmatocistina .....	363
4. Micotoxinas del género <i>Claviceps</i> .....	364
5. Micotoxinas del género <i>Fusarium</i> .....	366
5.1. Beauvericina .....	368
5.2. Butenólido .....	368
5.3. Diacetoxiscirpenol .....	369
5.4. Fusarenona X .....	370
5.5. Fusaproliferina .....	371
5.6. Fusarina C .....	371
5.7. Fusarocromanona .....	371
5.8. Monoacetoxiscirpenol .....	372
5.9. Neosolaniol .....	373
5.10. Sambutoxina .....	373
6. Micotoxinas del género <i>Penicillium</i> .....	374
6.1. Ácido penicílico .....	374
6.2. Ácidos secalónicos .....	378
6.3. Citreoviridina .....	378
6.4. Luteosquirina .....	379
6.5. Penitremos .....	379
6.6. Roquefortina .....	380
6.7. Rubratoxinas .....	382
6.8. Rugulosina .....	382

6.9.	Toxina islandi .....	382
6.10.	Toxina PR .....	384
6.11.	Xantomegнина .....	384
7.	Micotoxinas de otros géneros .....	384
7.1.	Ácido bisoclámico .....	384
7.2.	Ácido 3-nitropropiónico .....	385
8.	Referencias bibliográficas .....	386

ÍNDICE ANALÍTICO .....	393
------------------------	-----

OTRAS MICOTOXINAS .....	19
1. Introducción .....	292
2. Micotoxinas del género <i>Stromatoloma</i> .....	292
2.1. Aflatoxina .....	292
2.2. Ácido fumigato .....	292
2.3. Aflatoxina I-III .....	303
3. Micotoxinas del género <i>Aspergillus</i> .....	303
3.1. Ácido kojico .....	303
3.2. Estereigmatina .....	303
4. Micotoxinas del género <i>Claviceps</i> .....	303
5. Micotoxinas del género <i>Penicillium</i> .....	303
5.1. Resorcinol .....	303
5.2. Biscoclámico .....	303
5.3. Discotriptol .....	303
5.4. Fusarinas X .....	303
5.5. Fusaricinas .....	303
5.6. Fusarina C .....	303
5.7. Formosomas .....	303
5.8. Monocloroacetato .....	303
5.9. Neosolano .....	303
5.10. Zamburina .....	303
6. Micotoxinas del género <i>Fusarium</i> .....	303
6.1. Ácido penicilico .....	303
6.2. Ácidos sesquiterpénicos .....	303
6.3. Citroviridina .....	303
6.4. Luteopurina .....	303
6.5. Penicinas .....	303
6.6. Rodofurina .....	303
6.7. Rubrofurina .....	303
6.8. Rubrofurina .....	303