السموم الفطرية
النظرية والمفهوم العام

إعداد

د. عدي نجم اسماعيل

استاذ مساعد

قسم وقاية النبات

كلية الزراعة-جامعة بغداد

2014

السموم الفطرية:النظرية والمفهوم العام

أعداد

د.عدي نجم اسماعيل مطني
أستاذ مساعد/أمراض نبات وسموم فطرية
قسم وقاية النبات- كلية الزراعة/جامعة بغداد

2014

المقدمة

بسم الله الرحمن الرحيم والحمد لله والصلاة والسلام على رسول الله صلى الله عليه وسلم, يعتبر علم السموم الفطرية من العلوم الحديثة نسبيا مقارنة بالعلوم الأخرى, يهتم بدراسة مركبات الأيض الثانوي للفطريات السامة للإنسان والحيوان والنبات. عرفت السموم الفطرية عبر التاريخ من خلال حالات التسمم التي تعرض لها الإنسان عند تناول العراهين السامة وحدوث حالات الوفاة نتيجة التسمم, لكن لم تعرف مركباتها السامة في حينها, كما حدثت عبر التاريخ العديد من الكوارث نتيجة حالات التسمم بالسموم الفطرية كالتسمم الأركوتي أو حريق سانت انتوني St. Anthony's fire عام 430 قبل الميلاد, اذ سجل كمرض ناتج عن تناول غذاء ملوث بالاجسام الحجرية لفطر الإركوت. تشير الدراسات الى ان مرض Stachybotryotoxicosis هو أول حالة تسمم ناتجة عن الفطر *Stachybotrys chartarum*, سجل في أوكرانيا عام 1930، نتيجة تغذية الخيول على قش ملوث بالفطر *S. chartarum*. خلال الحرب العالمية الثانية ظهرت أعراض مرض في روسيا تمثلت بأعراض نقص وتسمم كريات الدم البيضاء Alimentary Toxic Aleukia (ATA) نتيجة التعرض لأحد سموم الترايكوثسينات وهو T2-Toxin. بدأ علم السموم الفطرية بدأ بداية حقيقية عام 1960, عندما حدثت كارثة التسمم على أفراخ الديكة الرومية عند تغذيتها على أحد مكونات العليقة (فستق الحقل البرازيلي) الملوثة بسموم الافلاتوكسينات. وبدأت بعدها تتوالى الدراسات, ويعد هذا التاريخ هو البداية الحقيقية لعلم السموم الفطرية الذي صب إهتمامه بدراسة تأثيرها في صحة الإنسان والحيوان والنبات, وسبل تحطيمها وإبطال سميتها.

الهدف من هذا الكتاب جاء نتيجة الحاجة الماسة لوضع مفهوم شامل لعلم السموم الفطرية بين يدي المهتمين بهذا الجانب, فضلا عن ان العديد من الكتب العربية المؤلفة في هذا المجال تتمحور حول جوانب محدودة بهذا الموضوع. آملين ان نكون قد وفقنا لذلك وكأضافة نوعية الى مكتبتنا العربية والله الموفق.

المؤلف

ا لإ هـد ا ء

إلى الشموع التي ذابت في كبرياء.....

لتنير كل خطوة في دربنا .....

لتذلل كل عائق أمامنا .....

فكانوا رسلاً للعلم والأخلاق .....

شكراً لكم جميعاً .....

"كن عالما.. فإن لم تستطع فكن متعلما.. فإن لم تستطع فأحب العلماء.. فإن لم تستطع فلا تبغضهم"

المؤلف

الموضوع	رقم الصفحة
الفصل الاول	1
علم السموم	1
كيف تدخل المادة السامة الى داخل الجسم	2
الجهاز الهضمي	2
الجهاز التنفسي	3
الجلد	3
ما هو مصير المواد السامة داخل الجسم	4
الفصل الثاني	6
المقدمة	7
لمحة تاريخية	8
الخسائر الناجمة عن السموم الفطرية	10
طرق التعرض للتسمم بالسموم الفطرية	13
أنواع حالات التسمم الناتجة عن الفطريات السامة أو منتجات أيضها الثانوية	13
تصنيف الفطريات المرافقة للحبوب في المخزن	14
العوامل المؤثرة في نمو الفطريات بالمخزن	14
العوامل المؤثرة على إنتاج السموم الفطرية	15
أهم مميزات السموم الفطرية	22
تقسيم وتصنيف السموم الفطرية	23
أعراض التسمم بالسموم الفطرية	25
الفصل الثالث	28
المقدمة	30
الفطريات السامة و منتجاتها الآيضية الثانوية	32
السموم المنتجة داخل انسجة الفطريات السامة	32
Amanita phalloides	32

Amanita muscaria	34
Amanita ocreata	36
Amanita bisporigera	36
Amanita virosa	38
Amanita verna	38
Agaricus xanthodermus	39
Claviceps purpurea	40
السموم الفطرية المنتجة خارج جسم الفطريات	41
سموم الافلاتوكسينات	42
سم الافلاتوكسين B1	43
سم الافلاتوكسين B2	48
سم الافلاتوكسين G1	49
سم الافلاتوكسين G2	50
السموم المتأيضة عن سموم الافلاتوكسين	51
سم الاوكراتوكسين OT	56
سم الاوكراتوكسين A	57
سموم الفيومونوزينات Fumonisin	59
سموم الترايكوثسينات	62
مجموعة سموم الترايكوثسين A	66
سم الـ T2-Toxin و HT2-Toxin	66
سم الـ Diacetoxyscirpenol (DAS)	68
مجموعة سموم الترايكوثسين B	69
سم Deoxynivalenol (DON)	69
سم الـ Nivalenol (NIV)	72
سم الـ zearalenone (ZEA)	73
سم Zeranol (α-zearalanol) (α-ZAL)	77
سم الـ Citrinin	78

سم الـــ Patulin	79
سمي الـــ Alternariol (AOH) و Alternariol monomethyl ether (AME)	80
سم الـــ Tenuazonic Acid	81
سم الـــ Moniliformin	82
سم الـــ Beauvericin	83
سم الـــ Sterigmatocystin	85
سم الـــ Fusaric acid	85
سم الـــ Cyclopiazonic acid	86
سم الـــ Penicillic acid	87
آلية التـــأثير لبعض أنواع السموم الفطرية في النظم الحيوي	89
الفصل الرابع	110
طرق أخذ العينات	112
الوحدة الأساسية للنموذج	116
العينات الثابتة Static Lots	117
العينات المتحركة Dynamic Lots	118
طحن العينات	121
الأستخلاص	122
الطريقة الأولى الإستخلاص من مادة سائلة	123
الطريقة الثانية: الإستخلاص بأستخدام أجهزة أستخلاص الميكانيكية	123
الطريقة الثالثة: أستخدام موجات المايكروويف	124
الطريقة الرابعة: أستخدام الموجات الفوق الصوتية	124
تنظيف العينة من الشوائب	126
Solid-Phase Extraction (SPE)	126
(MSPD) Matrix solid phase dispersion	127
أعمدة الفصل المناعية Immunoaffinity chromatography (IAC)	128
الأعمدة المناعية فائقة الترشيح Immuno-ultrafiltration (IUF)	129
Sol-Gel-Based Immunoaffinity Chromatography	130

Molecular Imprinted Polymers (MIP)	131
Aptamers	132
طرق الكشف عن السموم الفطرية	132
الطرق الكروماتوكرافية Chromatography Methods	132
كروماتوكرافي ذو الطبقة الرقيقة (TLC)Thin-Layer Chromatography	132
كروماتوكرافي الغازي (GC) Gas-Solid Chromatography	134
كروماتوكرافي الغازي– السائل (GLC) Gas-Liquid Chromatography	135
جهاز كروماتوكرافي السائل Liquid-Liquid Chromatography	136
كروماتوكرافي الضغط السائل ذو الإداء العالي (HPLC) High-Performance Liquid Chromatography	137
الطرق السيرولوجية	138
تقنية اليزا (ELISA) Enzyme Linked Immuno-Sorbent Assay	138
الأشرطة المناعية Immune Strip	139
تفاعل السلسلة المتبلمر (PCR) Polymerase Chain Reaction	142
الفصل الخامس	150
مقدمة	151
طرق إبطال مفعول السموم الفطرية في الأعلاف والمواد الغذائية	151
الطرق كيميائية	151
أستخدام الأمونيا Ammoniation	151
أستخدام الأوزون Ozonization	152
بيروكسيد الهيدروجين Hydrogen Peroxide	153
مركب مثيل أمين Methylamine	153
هايبوكلورات الصوديوم Sodium Hypochlorite	154
فورمالديهايد وهيدروكسيد الكالسيوم Formaldehyde وCalcium Hydroxide	154
الحوامض القوية	154
مانعات التأكسد Antioxidant	155
الطرق الفيزيائية	155

الطرق الميكانيكية	155
الأستخلاص بأستخدام المذيبات العضوية	155
الحرارة	156
الإشعاعات	156
الممدصات الفيزيائية	156
الطرق الإحيائية	158
الفطريات والخمائر	158
البكتريا	162
المستخلصات والمنتجات النباتية	162
طرق مكافحة الفطريات في المخزن	163
الفصل السادس	169
مفهوم تأثير السموم الفطرية في أنسجة النباتات	170
سموم عامة التأثير Non-host-selective fungal phytotoxins	171
سموم خصوصية العائل Host-specific toxins (HST)	172
آليات تأثير السموم الفطرية كـــ Phytotoxic في النسيج النباتي	172
1- تثبيط عمل الأنزيمات	172
2- التداخل مع الأغشية الخلوية	173
3- تثبيط أستجابات دفاعات العائل	173
الفصل السابع	180
نبذة تعريفية عن تقانة النانو	181
محولات الطاقة الضوئية Optical transducers	184
محولات متحسس الكتلة Mass sensitive transducers	185
تطبيقات النانوتكنولوجي في تحطيم السموم الفطرية	186
الفصل الثامن	190
التغيير المناخي والسموم الفطرية	191
ملحق .1	198
ملحق .2	205

ملحق 3.	232
ملحق 4.	255

الفصل الاول

علم السموم

كيف تدخل المادة السامة الى داخل الجسم

الجهاز الهضمي

الجهاز التنفسي

الجلد

ما هو مصير المواد السامة داخل الجسم

علم السموم Toxicology

هو العلم الذي يبحث في طبيعة المواد السامة, وآلية تأثيرها, وأعراضها الضارة على الكائنات الحية, وطرق علاجها. السموم Toxins هي مواد كيميائية متعددة المصادر, منها ما يكون نباتي أو حيواني أو معدني. تعتمد حالة التسمم على جرعة المادة السامة ومدة التعرض لها, أذ أن كل مادة في الكون سامة ولكن تحدد سميتها الجرعة. فقد تكون السمية حادة Acute toxicity وتحدث هذه الحالة عند التعرض لجرعة عالية من السم في وقت قصير وتظهر مباشرة بعد التعرض للسم, وتكون ذات تأثيرات قاتلة في أغلب الأحيان, أو سمية مزمنة Chronic toxicity وتحدث هذه الحالة عند التعرض لتراكيز قليلة من المادة السامة ولفترات طويلة قد تمتد لسنوات, إذ تظهر أعراضها على شكل سرطانات أو تليفات في الأعضاء الداخلية. وعلى هذا الأساس تصنف السموم حسب الجرعة النصفية القاتلة LD_{50} وهي الجرعة التي تقتل نصف حيوانات التجربة, الى شديدة السمية وعالية السمية ومتوسطة السمية وقليلة السمية وغير سامة وغير ضارة.

يعتمد تقدير المادة السامة على عدة عوامل منها ذات علاقة بالمادة السامة, تركيبها الكيميائي والفيزيائي ومقدار ثبات المادة السامة ومقدار ثباتها بالماء والمذيبات العضوية. وعوامل تتعلق بظروف التعرض للسم كالجرعة وتركيزها, وطريقة التعرض للمادة السامة, وعدد مرات التعرض ومدة التعرض. فضلا عن عوامل تتعلق بالكائن الحي كنوع الحيوان, وعمره, ووزنه, وجنسه. وعوامل بيئية كدرجة الحرارة والرطوبة والضغط الجوي وشدة وفترة الاضاءة ونوع التغذية.

كيف تدخل المادة السامة الى داخل الجسم

تؤثر المواد السامة حسب طريقة التعرض لها ودخولها للجسم الحي, بالطرق الأتية:

الجهاز الهضمي

تدخل الجهاز الهضمي عن طريق الفم مع المواد الغذائية الملوثة بالسموم, ويساعد اللعاب الحامضي على زيادة كفاءة امتصاص المادة السامة. تصل المادة السامة الى المعدة التي تعتبر مكان هضم المواد الغذائية, هناك مواد ومركبات محددة يحدث لها امتصاص من قبل جدران المعدة ومنها السموم. تعتبر الأمعاء الدقيقة المكان الرئيسي لأمتصاص المواد الغذائية المهضومة في المعدة ومنها الى مجرى الدم. يحدث في القسم الأخير من الجهاز الهضمي وهو الأمعاء الغليضة أمتصاص ضئيل لبعض المواد, جميع هذه المواد تنتقل الى مجرى الدم وبالمحصلة النهائية تصل الى عضو الكبد, حيث تتعرض فيه السموم للعديد من التحولات الكيميائية بفعل الانزيمات.

الجهاز التنفسي

تصل المواد السامة الى مجرى الدم عن طريق الجهاز التنفسي من خلال إستنشاق المواد السامة سواء كانت على شكل غاز أو سائل أو صلب, اذ تخترق المواد السامة أغشية الحويصلات الرئوية وبالتالي تصل الى مجرى الدم. لا تتعرض السموم الى أي تتغيرات او تجولات في تركيبها, وذلك لعدم وجود نشاط أنزيمي, وهذا يجعل التعرض لمثل هذة الحالات من التسمم خطرة وذات تأثير مباشر, يظهر فيها اعراض التسمم بعد لحظات من التعرض للمادة السامة.

الجلد

يشكل الجلد حوالي 16% من وزن جسم الأنسان البالغ, وتتلخص وظيفته في حماية الجسم من الظروف البيئية والجراثيم والمواد الكيمياوية السامة. ويتكون الجلد من طبقتين البشرة والأدمة, وتكون البشرة طبقة غير نفاذة وهي عبارة عن طبقة ميتة من الخلايا. أما طبقة الأدمة فتحوي على الأعصاب والأوعية الدموية وهي نفاذة لجميع المواد الكيميائية بجميع أشكالها. لذا إن سلامة الجلد من الجروح والخدوش والتقرحات يمنع حدوث حالات التسمم عند التعرض لبعض أنواع السموم بالملامسة. لكن هناك بعض أنواع السموم التي تذوب في

المواد الدهنية التي تفرزها الغدد الدهنية على الجلد, وهذا يسهل دخول وإمتصاص السموم عبر قنواتها وبالتالي دخولها في مجرى الدم.

ما هو مصير المواد السامة داخل الجسم

تمتص المركبات السامة داخل الجسم وتصل الى مجرى الدم عن طريق آليات متعددة منها الأنتشار الميسر والأنتشار الفعال والترشيح. تنتقل المواد السامة عبر مجرى الدم وتنتشر في أنسجة الجسم المختلفة وبالنهاية تتراكم في عضو أو نسيج معين, ويعتمد ذلك على نوع المادة السامة ودرجة قطبيتها, فالسموم القطبية التي تذوب في الماء تنتشر في جميع أنحاء أنسجة الجسم, أما السموم غير القطبية (الذائبة في الدهون) فأنها تخزن في الأنسجة الدهنية (الشحوم) أو المراكز العصبية والأعضاء الغنية بالدهون.

تتعرض أغلب السموم الى عمليات الأيض لتقليل سميتها وذلك من خلال تحويلها الى مركبات قطبية ذائبة في الماء لكي يسهل على الجسم التخلص منها وطرحها خارج الجسم عن طريق البول. تحدث أغلب عمليات الأيض للسموم (أكسدة وأختزال) في عضو الكبد, والذي يعتبر مصفى للدم من السموم والمواد الغير مرغوب فيه بواسطة الأنزيمات الميكروسومية. تطرح السموم خارج الجسم بعد إخضاعها لعمليات الأيض داخل الجسم بعدة طرق, منها الأطراح الكلوي ويكون ذلك عن طريق البول أو عن طريق الجلد كالتعرق, أو عن طريق الجهاز الهضمي, إذ تطرح مع البراز, أو عن طريق الحليب من خلال الغدد اللبنية, وبذلك تشكل خطرا كبيرا على الأطفال الرضع.

المراجع

جبر, ريم محمود.2008. علم السموم والترياق. مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع. ص 149.

القماز, سمير غازي.2003. علم السموم. دار صفاء للنشر والتوزيع. ص 263.

الفصل الثاني

المقدمة

لمحة تاريخية

الخسائر الناجمة عن السموم الفطرية

طرق التعرض للتسمم بالسموم الفطرية

أنواع حالات التسمم الناتجة عن الفطريات السامة أو منتجات أيضها الثانوية

تصنيف الفطريات المرافقة للحبوب في المخزن

العوامل المؤثرة في نمو الفطريات بالمخزن

العوامل المؤثرة على إنتاج السموم الفطرية

أهم مميزات السموم الفطرية

تقسيم وتصنيف السموم الفطرية

أعراض التسمم بالسموم الفطرية

المقدمة

يطلق على منتجات الأيض الثانوي الناتجة من الفطريات السامة بالسموم الفطرية Mycotoxins, **السموم الفطرية** هو أي منتج ثانوي سام ناتج عن عمليات الأيض الثانوي للفطريات, وله المقدرة على إحداث آثار ضارة على الكائنات الحية (إنسان, حيوان, نبات) عند أبتلاع أو إستنشاق، أو التعرض (الملامسة) لهذه المركبات. تنتج السموم الفطرية من قبل الفطريات المنتجة لها في كثير من الأحيان عندما يتعرض الفطر المنتج للسم الى ظروف غير ملائمة أو المنافسة على الغذاء والمكان. يطلق على مجموعة السموم الناتجة من النباتات السامة بالـــ Phytotoxins, أما السموم الناتجة من الحيوانات يطلق عليها Zootoxin, أما مركبات الأيض الثانوي السامة للكائنات الحية الدقيقة فيطلق عليها مصطلح المضادات الحيوية Antibiotics. إن الحالة أو الاعراض المرضية التي تظهر على الانسان أو الحيوان الناتجة عن تناول أغذية ملوثة بالسموم الفطرية يطلق عليها Mycotoxicoses. معظم السموم الفطرية عبارة عن مركبات هيدروكاربونية حلقية (Aromatic hydrocarbon), ونادرا ما تكون ذات سلاسل مفتوحة (Aliphatic hydrocarbon). كما أن وزنها الجزيئي يتراوح بين 97–710 دالتون, ونتيجة لأنخفاض وزنها الجزيئي, لذا تعتبر مقاومة للظروف البيئية القاسية (مستقرة), بالأضافة الى إنها غير أنتجينية, أي بمعنى إنها لا تملك المقدرة على تحفيز الجهاز المناعي للأنسان أو الحيوان لأنتاج الأجسام المضادة ضد هذه السموم. تنتج السموم الفطرية أما داخل جسم الفطر ويطلق عليها في مثل هذة الحالة Endotoxin, أو يفرز الفطر السم خارج الجسم في الوسط النامي فيه الفطر ويطلق عليه في مثل هذه الحالة Exotoxin. نتيجة للزيادة المضطردة للسكان, لذا بات من الضروري زيادة الانتاج للحاصلات الزراعية بشكل مكثف وعمليات تصنيع وحفظ الأغذية لتوفير وسد الطلب للأحتياج العالمي من الغذاء, هذا أدى بالنتيجة الى زيادة أحتمالية مخاطر تلوث الغذاء بالسموم الفطرية.

تقسم مركبات الأيض الثانوي المنتجة من قبل الفطريات الى خمسة مجاميع حسب المسارات الأيضية الى:

1- الأيض المشتق من سكر الكلوكوز, ويشمل بعض أنواع السكريات المعقدة والببتيدات السكرية والكحولات السكرية وغيرها.

2- الكيتيدات المتعددة Polyketides والفينولات المشتقة من تفاعلات Acetyl-CoA في مسار Acetate-Malonate في تخليق الاحماض الدهنية.

3- التربينات المشتقة من تفاعلات Acetyl-CoA في مسار Mevalonic acid.

4- الفينولات المشتقة من مسار Shikimic acid في تصنيع الأحماض الأمينية العطرية.

5- مختلف مسارات تصنيع الأحماض الأمينية الأخرى.

لمحه تاريخية

يركز علم السموم الفطرية في الأصل على الآثار الصحية لتناول الفطريات اللحمية السامة والفطريات المجهرية النامية على المواد الغذائية المعدة كغذاء للأنسان والأعلاف الحيوانية. تحضى السموم الفطرية اهمية كبيرة في الأونة الاخيرة بسبب المشاكل التي تحدثها على صحة الانسان والحيوان, بهذا مهد الطريق للمزيد من العمل والدراسات للكشف عن هذه السموم وسبل تحطيمها بالوسائل الأمينة.

أستعراضت الأدبيات الكوارث التي حدثت عبر التاريخ نتيجة لمشاكل السموم الفطرية. فقد سجل التسمم الأركوتي أو حريق سانت انتوني St. Anthony's fire كما تطلق علية المصادر التاريخية في إشارة إلى الرهبان الذين إعتنوا بضحايا حالة التسمم، وكذلك الأعراض الناتجة عن التسمم والتي تتمثل بأعراض تشبه الحروق الشديدة في الأطراف. التسمم الأركوتي واحدة من أقدم الامراض عرف وسجل كمرض ناتج عن تناول غذاء ملوث بالاجسام الحجرية لفطر الأركوت. في عام 430 قبل الميلاد ذكرت السجلات عن حالات تسمم في أفراد جنود الجيش الأسبارطي في إثينا, كما ظهرت نفس الأعراض المرضية عام

1093م حالات تسمم مشابة لحالة مرض سانت أنتوني. في فرنسا 1673م. إرتبط هذا المرض مع إستهلاك الحبوب المصابة والملوثة بالأجسام الحجرية المنتجة من الفطر *Claviceps purpurea*. مؤخرا وضعت منظمة إدارة الأغذية والعقاقير الدولية قيودا ورقابة صارمة على مستويات قلويد الاركوتين المسبب لهذا المرض في طحين المعد للأستهلاك البشري. كما سجلت حالة التسمم Stachybotryotoxicosis لأول مرة في اوكرانيا عام 1930 ناتجة عن عفن *Stachybotrys chartarum* كما اشارت المصادر نتيجة تغذية الخيول على قش مصاب بالفطر *S. chartarum*, إذ أثبتت نتائج التحليل أحتوائه على سموم الـــترايكوثسين. الأعراض شملت تهيج الفم والأنف وقنوات الجهاز التنفسي والجهاز الهضمي، وغالبا ما يموت الحيوان في غضون 24 ساعة.

ظهر مرض في روسيا خلال الحرب العالمية الثانية سبب نقص أو تسمم كريات الدم البيض Alimentary Toxic Aleukia (ATA) المتسبب عن أحد سموم الترايكوثسينات وهو T2-Toxin, اذ ان 10٪ من السكان القرية والماشية التي تعرضت لهذا السم ظهرت عليها أعراض المرض, والتي غالبا ما أدت الى الموت. يتسبب هذا المرض عن تناول الحبوب المصابة بالفطر *Fusarium poae* و*F. sporotrichioides*, تتضمن الأعراض نزف تحت الجلد وإنخفاض في عدد كريات الدم البيض وتعطل في عمل الأعضاء الداخلية للجسم.

سم الأفلاتوكسين يعتبر الأكثر شهرة من بين كل السموم الفطرية، وهو وأحد من أكثر المركبات المسببة للسرطان منتجة من أصل طبيعي. انتشر في عام 1952 تسمم ناتج عن استهلاك ذرة صفراء متعفنة من قبل الخنازير المعدة للتربية في جنوب الولايات المتحدة الأمريكية. وفي عام 1960، أطلق علية X-Disease (المرض الغامض) الذي أدى الى موت 100،000 من أفراخ طيور الديكة الرومية في إنكلتره. تنتج سموم الأفلاتوكسين من قبل الفطر *Aspergillus flavus* و*A. parasiticus* و*A. nomius*. تمتاز أعراض التسمم الناتج عن تناول غذاء ملوث بسموم الأفلاتوكسين بفقدان الشهية والخمول، وضعف العضلات ونزف وتنخر الكبد وأحقان الكلى وسرطان الكبد.

مرض الرز الأصفر أو كما يطلق عليه Shoshin kakke كان سائدا في اليابان خلال فترة الحرب الصينية اليابانية وبعد الحرب العالمية الثانية. يتسبب المرض عن أستهلاك الرز المصاب بالفطر *Penicillium citreoviride* الذي ينتج سم الـ Citreoviridin, حيث تضمنت الأعراض الشلل، ضرر في الأوعية الدموية القلبية وفشل في الجهاز التنفسي.

التسمم الناتج عن الأوكراتوكسين أرتبط ظهوره في دول البلقان, إذ تمثلت الأعراض في إعتلال الكلية، وأمراض الكلى القاتلة للشباب الذين يعيشون بالقرب من نهر الدانوب. الأوكراتوكسين سم كلوي قوي ويعتبر أيضا من السموم الكبدية. في عام 1920 إنتشر المرض أيضا في الدنيمارك في الخنازير التي تعد حساسة لهذا السم. الفطر *Penicillium verrucosum* و *A.ochraceus*, هما المسؤولان عن إنتاج السم في محاصيل الحبوب والفاصوليا المجففة و فستق الحقل وحبوب البن الأخضر والقش. تشير التقديرات إلى أن معظم لحوم الخنزير المنتجة في أوربا ملوثة بكميات ضئيلة من سم الأوكراتوكسين، وان الفطر *P. verrucosum* هو الأكثر إنتشارا في المناطق الشمالية الباردة.

تشير العديد من المصادر أن هناك ما يربو عن 1500000 نوع فطري تنتج حوالي 3000000 من مركبات الأيض الثانوي, منها 30000 له علاقة بالسموم الفطرية, الا ان المعروف من السموم الفطرية ما يقرب من 500 سم فطري.

الخسائر الناجمة عن السموم الفطرية

ترافق الحبوب والمنتجات المخزونة العديد من الكائنات الحية الدقيقة كالفطريات والخمائر والبكتريا, حيث تتضاعف عند توفر الظروف الملائمة لنموها, مسببة تلف للمواد المخزنة, الذي بدوره يسبب خفض في نوعية المنتج, إضافة الى التغيرات الكيمياوية الحاصلة في المنتج. تلعب الفطريات دورا خطيرا خاصة خلال عمليات التخزين مقارنة مع الأحياء الدقيقة الاخرى. السموم الفطرية لها آثار أقتصادية كبيرة في العديد من المحاصيل الزراعية، خاصة القمح والذرة الصفراء وفستق الحقل والجوز وبذور القطن والشاي. اذ ان 25٪ من إنتاج محاصيل العالم هو ملوث بمركبات السموم الفطرية, مع خسائر سنوية تبلغ حوالي 1 مليار

طن متري من الأغذية والمنتجات الغذائية سنويا الغير صالحة للأستهلاك حسب تقديرات منظمة الأغذية والزراعة الأمريكية.

يقدر اجمالي الخسائر السنوية الناتجة من تلوث الأغذية بالسموم الفطرية لعام 2003 من 0.5- 1.5 مليار دولار ناتج عن التلوث بسم الأفلاتوكسين لمحصول الذرة الصفراء وفستق الحقل, وسم الفيومونوزين لمحصول الذرة الصفراء وسم الـــ DON لمحصول القمح, بحسب تقدير مجلس العلوم والتكنولوجيا الزراعية (CAST) في الولايات المتحدة الأمريكية. ولاجل ذلك وضعت العديد من البرامج الأدارة والاستثمار في مجال البحوث من قبل الحكومة الفدرالية الأمريكية، لمنع او تقليل من التلوث الناتج عن السموم الفطرية في المحاصيل الزراعية ومنتجاتها، اذ أن لوزارة الزراعة الأمريكية مركز خدمة البحوث الزراعية (ARS) يدعم برنامج البحوث في مجال السموم الفطرية بقيمة 17.7 مليون دولار مخصصة لـــ 60 باحث فقط خلال السنة المالية لعام 2000.

كما إن تلوث المحصول بالسموم الفطرية بتراكيز معينة محددة من قبل منظمة الغذاء والعقاقير (FDA) يخفض من قيمتها التسويقية, إذ أن كمية سم الافلاتوكسين المسموح بتواجدها في المحاصيل الزراعية في الولايات المتحدة الأمريكية 20 جزء بالبليون, وفي الأتحاد الأوربي 2 جزء بالبليون. تقدر الخسائر لسنة 2001 الناتجة عن تلوث محصول فستق الحقل بسم الافلأتوكسين بحوالي 25 مليون دولار ومحصول القطن 4.3 مليون دولار والذرة الصفراء 15 مليون دولار والمكسرات 37 مليون دولار, أما التلوث الناتج عن سم الـــ DON لمحصول الشعير 400 مليون دولار ولمحصول القمح مليار دولار سنويا في الولايات المتحدة الأمريكية. كما قدرت الخسائر الناجمة عن السموم الفطرية في ثلاثة بلدان آسيوية (إندونيسيا، والفلبين، وتايلند) حوالي 900 مليون دولار سنويا, أما مجموع الخسائر الناجمة عن السموم الفطرية في المحاصيل الزراعية في أمريكا وكندا بحوالي 5 مليون دولار سنويا.

بصفة عامّة تصل السموم الفطرية إلى طعام الإنسان والحيوان عن طريق تلوث الغذاء بالفطر الذي ينتج هذه السموم، إذ تشجع المادة الغذائية نمو الفطر سواء أثناء مراحل الإنتاج المختلفة أو أثناء نقلها أو في فترة التخزين.

مجمل الخسائر الأقتصادية الناجمة عن التلوث بالسموم الفطرية وأضرار الأحياء المجهرية تتمثل بما يلي:

1- خسائر ناجمة عن الأصابة بالفطريات الممرضة للنبات والمنتجة للسموم الفطرية, إذ تنخفض القيمة التسويقية للمحاصيل الزراعية الملوثة بالسموم الفطرية والتي تعد ملوثات يصعب إزالتها وبالتالي عدم صلاحيتها للأستهلاك البشري والحيواني.
2- أنخفاض حيوية البذور ونسبة الأنبات بسبب إصابة الجنين بالفطريات, وهذا يؤدي الى تأخر في عملية البزوغ الحقلي للبادرات, مما يعطي فرصة أكبر للمهاجمة من قبل فطريات التربة.
3- أنخفاض القيمة التغذوية والتصنيعية للمواد المخزونة, إضافة الى فقدان الوزن بسبب هدم المكونات الأساسية كتحلل النشويات أو البروتينات, مما ينتج أرتفاع نسبة الأحماض الدهنية المسؤولة عن عملية التزنخ.
4- خسائر في الإنتاج الحيواني ذات صلة بالمشاكل الصحية أو أحيانا الموت نتيجة التلوث بالسموم الفطرية, إضافة الى تأثيراتها الممرضة العديدة كحالات الأورام السرطانية في الكبد وتليف الكبد Neurotoxin أو تأثيرها على الأعصاب أو القصور الكلوي Nephrosis أو التسمم الجلدي Dermotoxin.
5- تكتسب المواد المخزنة كالحبوب المصابة رائحة ولونا غير مرغوب بهما كأسوداد أجنة الحبوب أو الحبة بالكامل مما يقلل من قيمتها الأقتصادية.
6- تكاليف صحية للإنسان ناجمة عن الأمراض المختلفة التي تسببها السموم الفطرية.
7- تكاليف الإدارة على جميع المستويات للمحاصيل الزراعية للوقاية من السموم الفطرية.

8- تكاليف بحثية في مجال دراسة تأثيرات السموم الفطرية في الإنسان والحيوان والنبات وكيفية معالجتها.

طرق التعرض للتسمم بالسموم الفطرية

هناك العديد من طرق التعرض لحالات التسمم بمركبات السموم الفطرية والتي تؤدي الى مجموعة من التأثيرات الصحية السلبية على الإنسان والحيوان. وتكون حالات التسمم بصورة التعرض المباشر عن طريق الملامسة المباشرة مع الجلد أو الأستنشاق أو الأستهلاك المباشر لغذاء ملوث بالسموم الفطرية, أو غير مباشر من خلال إستهلاك منتجات حيوانية تكون ملوثة بمتبقيات السموم الفطرية أو مشتقاتها كالحليب أو البيض أو اللحم للحيوانات التي تغذت سابقا على أعلاف ملوثة بالسموم الفطرية. ويمكن ايجاز طرق التعرض للسموم الفطرية بالنقاط التالية:

1- التغذي على الأنواع السامة مع العراهين كالـــ *Amanita* spp وغيرها.
2- إستهلاك غذاء سواء كان منتجا نباتيا أو حيوانيا ملوث بالسموم الفطرية, مثل الحبوب الملوثة بسموم الأفلاتوكسينات او الحليب الملوث بسم الـــ AFM1 وغيرها.
3- إستنشاق الأبواغ الفطرية للفطريات السامة قد يؤدي الى ظهور حالات مرضية كالحساسية , مثل أبواغ الفطر *A. fumigates*.
4- التعرض المباشر للفطريات السامة أو مركباتها السامة والتي تؤدي الى حالات طفح جلدي أو حكة, كسموم الترايكوثسينات التي تسبب طفح جلدي أو تقرحات نتيجة التلامس المباشر مع الجلد.

أنواع حالات التسمم الناتجة عن الفطريات السامة أو منتجات أيضها الثانوية

يمكن تعريف حالات التسمم كل حسب المسبب, الذي يحدث حالة التسمم في الانسان أو الحيوان, وتقسم الى أربعة مجاميع وهي:

1- Mycetismus وهو حالات التسمم الناتجة عن تناول العراهين السامة.
2- Mycosis وهو الحالات المرضية الناتجة عن الإصابة بالفطريات الممرضة للإنسان أو الحيوان.
3- Mycotoxicosis وهي مجموعة الأمراض الناتجة عن تناول الأغذية الملوثة بالسموم الفطرية, سواء كان التعرض للسموم الفطرية بصورة مباشرة أو غير مباشرة.
4- Allergy وهي حالات التحسس الناتجة عن إستنشاق الأجزاء التكاثرية للفطريات كالأبواغ أو التلامس المباشر لها أو لسمومها الفطرية, وتتمثل بحالات الربو والطفح الجلدي والتقرحات وغيرها.

تصنيف الفطريات المرافقة للحبوب في المخزن

يمكن تصنيف الفطريات المرافقة للحبوب في المخزن الى:

1- **فطريات حقلية:** تصيب النباتات في الحقل فقط ولا تصيبها في المخزن, بل تكون محمولة على البذور أو على شكل غزل فطري كامن في الحبوب مثل *F. culmorum* و*F.poae* و *Alternaria tenuissima*.

2- **فطريات حقلية مخزنية:** تبدأ الأصابة في الحقل والتي تؤدي الى خفض ملحوظ في طول مدة التخزين للمواد المخزونة مثل *Cladosporium cladosporioides* و *Verticillum lecanii*, قد لا تظهر للعيان هذه الفطريات لكنها تتكاثر وتسبب خسائر كبيرة في المخزن اذا توفرت لها الظروف المناسبة للنمو من رطوبة عالية ودرجات حرارة مرتفعة.

3- **فطريات مخزنية:** تصيب هذه الأنواع من الفطريات الحبوب والمواد المخزونة أثناء فترة التخزين, ومعظمها يكون قادرا على النشاط والنمو في حالة غياب ووجود ماء حر وعلى أوساط ذات ضغط أوزموزي عالي, مثل الفطريات التابعة لجنس Aspergillus وPenicillium. أن أكثر فطريات المخزن شيوعا هو الفطر *A.flavus* الذي ينتج العديد من السموم الفطرية منها الـــ Aflatoxins.

العوامل المؤثرة في نمو الفطريات بالمخزن

هناك العديد من العوامل تتداخل مع بعضها والتي تؤثر في نمو وتكاثر الفطريات في المخزن مسببة تدهور المحصول المخزن, من هذه العوامل:

1- درجة حرارة المخزن.

2- الرطوبة النسبية للمخزن.

3- المحتوى الرطوبي للمحصول المعد للتخزين.

4- درجة تلوث المواد المخزنة بالفطريات عند الخزن.

5- كمية المواد الغريبة والشوائب المرافقة للمحصول المعد للتخزين.

6- درجة إصابة المحصول المعد للتخزين بالحشرات أو الحلم.

7- درجة الضرر الميكانيكي للمنتج المعد للتخزين إذا كانت حبوب, نسبة الحبوب المكسرة أو ثمار مخدشة التي تكون أكثر عرضة للأصابة مقارنة بالسليمة منها.

8- طول مدة التخزين.

العوامل المؤثرة على إنتاج السموم الفطرية

تتواجد معظم الفطريات بشكل طبيعي في التربة والهواء ومن الصعب منع إتصالها بالمنتجات الزراعية, وللفطريات المنتجة للسموم الفطرية مقدرة على أن تنمو في بيئات متنوعة وتحت ظروف بيئية مختلفة. يتأثر نمو الفطريات بمجموعة من العوامل منها طبيعية وكيميائية وبيولوجية, وبالتالي تؤثر في إنتاج السموم الفطرية على المنتجات الزراعية, وفيما يلي شرح مختصر لبعض هذه العوامل:

أولا- سلالة الفطر

ان كمية السم المنتج من قبل فطر معين يكون المسؤول عن إنتاجه مورث محدد في المادة الوراثية للفطر, والتي تحمل جميع المعلومات اللأزمة لإنتاج كمية ونوع معين من السم, لذلك نجد هناك أنواع فطريات تابعة لنفس الجنس لكن لها قابليات مختلفة في أنتاج سم معين وبتراكيز مختلفة, ويمكن أن توجد سلالات للفطر من نفس النوع غير قادرة على إنتاج السم رغم توفر جميع الظروف الملائمة لأنتاج السم. أمكن عزل العديد من سلالات الفطر التي

تنتج سموم الأفلاتوكسينات مثل الفطر *A. parasiticus* و*A.oryza* و*A.flavus* , كما أكتشفت بعض الأنواع الأخرى من الفطريات التي تنتج أكثر من نوع واحد من سموم الأفلاتوكسينات مثل *A .niger*, *A.wentii*, *Penicillium puberulum A.rubber*, حيث أن حوالي 30% من سموم الأفلاتوكسين المنتج هو من سلالات الفطر *A.flavus* و*P.puberulum*, إذ يعد ملوث للمحاصيل الزراعية كالرز والذرة الصفراء والشعير والقمح وفستق الحقل والمكسرات وبعض المنتجات الغذائية مثل الخبز ومنتجات الألبان وبعض المنتجات المتخمرة والمخزنة تحت ظروف بيئية مناسبة لنمو للفطر وإنتاج السم. يعتبر فطر *A.flavus* الفطر الرئيسي المسبب للتلوث بسموم الأفلاتوكسينات.

ثانيا- المادة الغذائية وطبيعتها

الفطريات المنتجة للسموم الفطرية بشكل عام تنمو على العديد من المواد الغذائية والمحاصيل الزراعية, الا انها لا تنمو بشكل متجانس, فضلا عن اختلاف نوع المادة الغذائية أو المحصول الزراعي في الاستجابة للإصابة بالفطر وإنتاج السموم الفطرية فيه. بصفة عامة, الحبوب النجيلية تعتبر من أفضل المواد الغذائية ملائمة للإصابة من قبل الفطريات المنتجة للسموم الفطرية مقارنة بالحبوب الزيتية. ترتبط إصابة أنواع كثيرة من الفطريات بنوع المحصول الزراعي ذو المحتوى العالي من المواد الكاربوهيدراتية مثل محصول القمح والرز, وربما يعود ذلك لسهولة تمثيل الكربوهيدرات بواسطة الفطريات. إذ أجريت دراسة لمقارنة أوساط غذائية طبيعية مختلفة لسلالة من فطر *A.flavus* المنتجة لسموم الافلاتوكسينات, اذ وجد أن الذرة الصفراء والقمح والرز قد أعطوا محتوى عالي من سموم الأفلاتوكسينات مقارنة بالوسط الغذائي المكون من فستق الحقل أو فول الصويا.

ثالثا- المحتوى الرطوبي والرطوبة النسبية

يمكن تقسيم الفطريات المنتجة للسموم الفطرية إلى ثلاثة أقسام تبعا لأحتياجاتها المائية اللازمة للنمو, فالقسم الأول من الفطريات يحتاج إلى 22-25% محتوى رطوبي, والمجموعة الثانية تحتاج 13-18% محتوى رطوبي, وهي التي تنشط أثناء تخزين

الحاصلات الزراعية, أما المجموعة الثالثة فتتطلب أكثر من 18% وأقل من 22% محتوى رطوبي, وهي فطريات التحلل المتقدم. وقد أكد الباحثون على أن سلالات الفطر Aspergillus تستطيع أن تنمو بسرعة على المواد الغذائية ذات المحتوى الرطوبي الواطىء مثل فستق الحقل, وبعض الأنواع الأخرى تنمو في محتوى رطوبي عالي. ولقد وجد أن أدنى حد من الرطوبة النسبية اللازمة لنمو الفطر هو80%, وأن الحد الأدنى اللازم لحدوث عملية التجرثم هو 85%. وعموما فإن المحتوى الرطوبي الحرج في الأغذية يقع بين 56–70% رطوبة نسبية والذي يعتبر غير ملائم لنمو معظم الفطريات. ولقد وجد أن محتوى الرطوبة الحرج يختلف تبعا للمادة الغذائية, فعلى سبيل المثال, في الشعير 14.5%, والقمح 12.5–13.5%, والذرة الصفراء 8%. فقد وجد إن للنشاط المائي (a_w) تأثير في إنتاج نوع السم, فسموم الـــ Citrinin و Ochratoxin A و Sterigmatocystin تنتج في محتوى النشاط المائي أكثر من a_w 0.80 , أما سم الـــ Patulin ينتج في نشاط مائي a_w 0.95, لذا فإن الفطريات المنتجة للسموم الفطرية لا تنمو عند هذه المستويات من الرطوبة, ولكن تخزين الحبوب عند حدود محتوى رطوبي أعلى من هذه المستويات تعتبر ملائمة لنمو بعض الأنواع الفطرية المنتجة للسموم الفطرية, ولذلك فإن الحدود الآمنة للتخزين بالنسبة للحبوب سوف تعتمد على المحتوى الأولي أو الأبتدائي من الرطوبة.

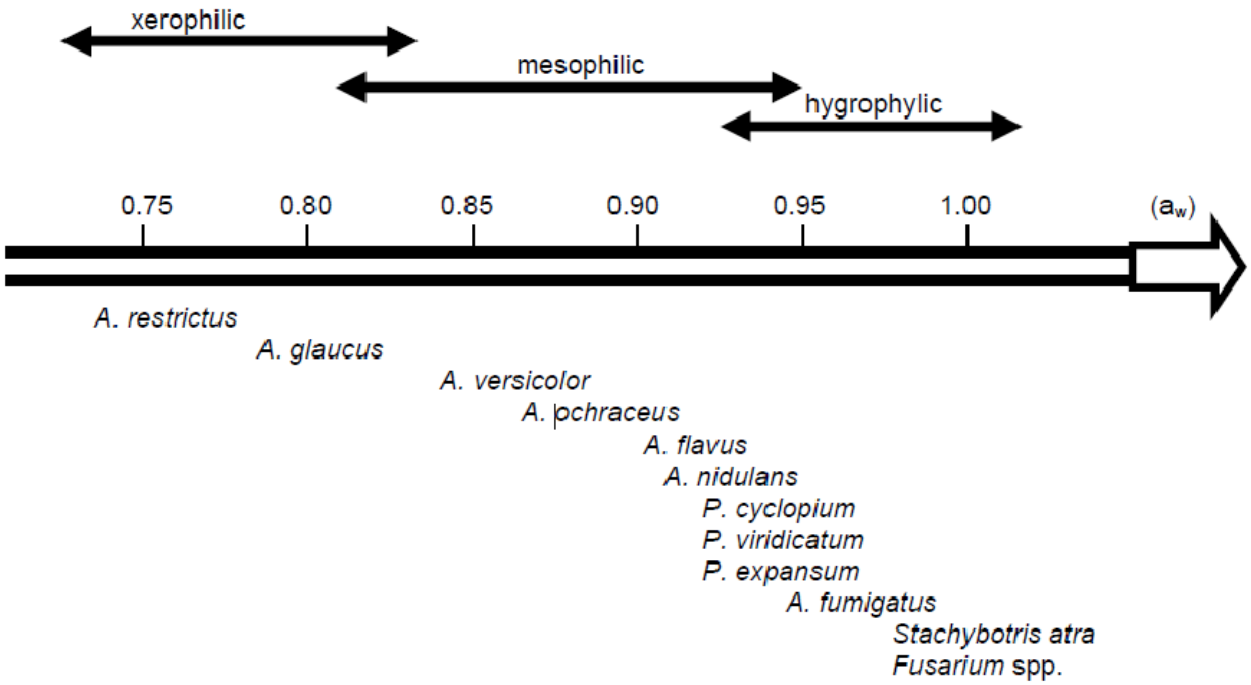
أمثلة لبعض فطريات الحقل والمخزن, وتأثير الفعالية المائية a_w في نموها.

نوع الفطر	الفعالية المائية a_w لنمو الفطر		
	الحد الأدنى	الحد الملائم	الحد الأعلى
Aspergillus flavus	0.80	0.99-0.95	-
A.parasiticus	0.84 - 0.83	0.99-0.95	-
A.ochraceus	0.79 - 0.77	0.99-0.95	-
Penicillium verrucosum	0.80	0.95	-
Fusarium verticilliodes	0.9 -0.89	-	0.99
F.proliferatum	0.9	-	-
F.culmorum	0.91-0.90	0.995-0.98	-
F.poae	0.91-0.90	0.995-0.98	-

-	0.995-0.98	0.91-0.90	***F.avenacum***
-	0.995-0.98	0.91-0.90	***F.tricinctum***
0.99	-	0.9	***F.graminearum***
0.99	-	0.88	***F.sporotrichioides***

تأثير الفعالية المائية a_w في إنتاج السموم الفطرية لبعض فطريات الحقل والمخزن والمخزن.

نوع الفطر	الفعالية المائية a_w لأنتاج السموم الفطرية		
	الحد الأدنى	الحد الملائم	الحد الأعلى
Aspergillus flavus	0.82	0.99-0.996	0.998
A.parasiticus	0.87	0.99	-
A.ochraceus	0.85-0.88	0.98	-
Penicillium verrucosum	0.86-0.83	0.95-0.90	-
Fusarium verticilliodes	0.93-0.92	-	-
F.proliferatum	0.93	-	-
F.graminearum	0.91-0.90	-	-



تأثير المدى الرطوبي في نمو الفطريات المنتجة للسموم الفطرية.

رابعا- درجة الحرارة والوقت

ينمو الفطر *A.flavus* في مدى حراري واسع, حيث تصل الحدود الدنيا لدرجات الحرارة 6-8 درجات مئوية, ودرجة الحرارة المثلى 25-28 درجة مئوية والحدود القصوى 44-46 درجة مئوية. هذه الحدود الدنيا والقصوى لدرجات الحرارة اللازمة للنمو تتأثر بكل من الرطوبة وتركيز غاز الأوكسجين ومدى توافر المواد الغذائية وبعض العوامل الأخرى. ولقد وجد أحد الباحثين أن الأفلاتوكسينات لا تنتج عند درجة حرارة أقل من 20 درجة مئوية وأعلى من 35 درجة مئوية, أن أفضل درجة حرارة لإنتاج الأفلاتوكسين B1 هي 24م° والأفلاتوكسين G_1 عند درجة 30م°, بينما وجد أحد الباحثين أن أنسب درجة حرارة لإنتاج مثل هذين النوعين من الأفلاتوكسين هي 24 و32م° على التوالي. كما أن مدة حضانة الفطر في الوسط النامي علية له تأثير على كمية السم المنتج, فقد أمكن الحصول على أعلى كمية من السم بعد 5-21 يوم من نمو الفطر ثم ينخفض إنتاج السم كلما زادت مدة التحضين.

تأثير درجة الحرارة في معدل نمو بعض فطريات الحقل والمخزن.

نوع الفطر	تأثير درجة الحرارة في معدل نمو الفطر (م°)		
	الحد الأدنى	الحد الملائم	الحد الأعلى
Aspergillus flavus	12-10	35-25	43-42
A.parasiticus	12-10	35-32	43-42
A.ochraceus	8	37-24	37
Penicillium verrucosum	0	20	35-31
Fusarium verticilliodes	5-2	30-22.5	37-32
F.proliferatum	4	30	37
F.culmorum	10-0	25-20	35-31
F.poae	10-5	25-20	35
F.avenacum	10-5	25-20	35
F.tricinctum	10-5	25-20	35
F.graminearum	-	26-24	-
F.sporotrichioides	2	27.5-21	35

أمثلة لبعض الفطريات الحقل والمخزن وتأثير درجة الحرارة في إنتاج السموم الفطرية.

نوع الفطر	تأثير درجات الحرارة في انتاج السموم الفطرية (م°)		
	الحد الأدنى	الحد الملائم	الحد الأعلى
Aspergillus flavus	15-12	30-33	37-40
A.parasiticus	12	33	40
A.ochraceus	15-12	25-31	37
Penicillium verrucosum	4	20-25	-
Fusarium verticilliodes	10	15-30	37
F.proliferatum	10	15-30	37
F.culmorum	11	29-30	-
F.graminearum	11	29-30	-

خامسا- التهوية

تعتبر الفطريات من الكائنات عالية الأحتياج الى غاز الأوكسجين واللازم للنمو الخضري والتجرثم. كما تتباين الفطريات في مقدرتها على تحمل تركيزات عالية من غاز ثاني أوكسيد الكربون. أن معظم الفطريات لا تستطيع النمو إلا في وجود 1-2% أوكسجين على الأقل. عموما فإن قلة تركيز غاز الأوكسجين يعمل على نقص إنتاج الأفلاتوكسينات, ويكون النقص واضحا عندما يقل تركيز الأكسجين إلى 1% مع زيادة ثاني أوكسيد الكربون إلى 80%. لقد وجد أحد الباحثين أن إنتاج سم الأفلاتوكسينB1 من فطر *A.flavus* قد إنخفض بشدة مع إنخفاض تركيز الأوكسجين من 5% إلى 1% وزيادة تركيز ثاني أوكسيد الكربون من 0.03 إلى 100%.

سادسا- التلف الميكانيكي

ترتبط الإصابة بالفطريات المنتجة للسموم الفطرية عند حدوث عملية تلف للمحاصيل الزراعية سواء أثناء وجودها في الحقل أو أثناء عملية الحصاد والتجهيز الميكانيكي. فالتلف الميكانيكي يسهل من الأختراق والإصابة بالفطريات, وبالتالي إنتاج السموم الفطرية داخل الثمار ومحاصيل الحبوب, حيث تعتبر القشرة الخارجية للثمار أو الحبوب الخط الدفاعي

الأول ضد الإصابة بالفطريات, ومن ناحية أخرى فقد وجد أن الحشرات والحلم تلعب دورا مهما في عملية تلف الحبوب والثمار السليمة, كما تعتبر حاملات وناقلات للأجزاء التكاثرية للفطريات. اذ اشارت دراسة علمية الى عزل الفطر *A.flavus* من 10 أنواع من الحشرات المخزنية المعروفة بإصابتها للحبوب الغذائية في المخزن.

سابعا- درجة الحموضة

تعتبر درجة الحموضة عامل محدد لنمو بعض الأحياء المجهرية, فعلى العموم أغلب أنواع الفطريات تفضل الوسط الحامضي الى المتعادل ومعظم أنواع البكتريا تفضل الوسط القاعدي مع وجود بعض الحالات الشاذة. فقد وجد علاقة بين درجة حموضة الوسط الذي ينمو فية الفطر ونوع وكمية السم المنتج. فالفطر *A.nidulans* ينتج سم الـــ Sterigmatocystin في حين إن نفس الفطر في الوسط القاعدي ينتج المضاد الحيوي البنسلين. وجد إن درجة الحموضة المنخفضة تساعد في إنتاج سم الـــ Fumonisin المنتج من قبل الفطر *F.proliferatum* وسم الـــ Ochratoxin المنتج من قبل الفطر *A.ochraceus* وسم الـــ DON المنتج من قبل الفطر *F. graminearum*, وهذا ربما يعود الى تحفيز المورث المسؤول عن إنتاج هذه السموم الفطرية في الوسط المنخفض الحموضة التي تنمو فيه هذه الفطريات.

ثامنا- النمو والنضج

تنتج السموم الفطرية وتتراكم في معظم المحاصيل الزراعية بشكل اساسي بعد عملية الحصاد, بالرغم من أن هناك اشارات الى انتاج سموم الأفلاتوكسينات في الذرة الصفراء أثناء مرحلة ما قبل الحصاد. تتعرض محاصيل الحبوب التي مر عليها عام للإصابة بالفطريات مقارنة بمحاصيل الحبوب حديثة النضج. وفي النهاية لا بد من التذكير بأهمية التداخل بين جميع العوامل السابق ذكرها وغيرها من العوامل التي لم تذكر التي لها دور في حدوث وتطور الإصابة بالفطريات وإنتاج السموم الفطرية.

تاسعا- الاصابات الحشرية والحلم

للحشرات دور مهم في نشر الأصابة الفطرية داخل المخزن, كونها تعد ناقل ميكانيكي لأبواغ الفطريات من المواد المخزنة كالحبوب المصابة الى السليمة منها, أو إن الحشرات توفر مواقع ملائمة على المواد المخزنة لنمو أبواغ الفطريات وتكاثرها من خلال الاضرار التي تسببها نتيجة التغذية على المواد المخزنة, إذ وجدت عدة دراسات الى أنه كلما إرتفعت نسبة إصابة حبوب الذرة الصفراء المخزنة بالحشرات أو الحلم أرتفعت مستويات التلوث بالافلاتوكسين.

عاشرا- التداخل بين الأحياء المجهرية

ان نمو وتكاثر مجموعة من الأحياء المجهرية كالفطريات والبكتريا ضمن نفس الحيز والبيئة يؤدي ذلك الى التنافس فيما بينها على الغذاء والمكان. فقد وجد إن التداخل بين الفطر *A. flavus* والأحياء المجهرية الأخرى قد أدى الى إختزال إنتاج سم الافلاتوكسين أو تحفيز أنتاجه. إذ وجد أن نمو الفطر *A.niger* و *Rhizoctonia solani* و *F. verticillioides* قد زاد من نمو الفطر *A.flavus* وإنتاجه للأفلاتوكسين في حبوب الذرة الصفراء, ولم يلاحظ إنتاج السم عند تداخل النمو مع *Trichoderma viride*. كما تعمل البكتريا *Streptococcus lactis* على منع إنتاج الأفلاتوكسين إضافة الى تحطيم السم المنتج عند مرافقتها مع الفطر *A.flavus*.

أهم مميزات السموم الفطرية

تتميز السموم الفطرية بالمواصفات التالية:

1. ذات أوزان جزيئية منخفضة.
2. لها المقدرة على الوصول إلى الهدف (منطقة التأثير داخل الجسم).
3. تكون سرعة التخلص من السموم الفطرية عن طريق الجهاز الهضمي (التبرز) بطيئة.

4. تمتص من قبل الجسم ولا يمكن التخلص منها بسهولة عن طريق عملية إجهزه الإخراج.
5. لها القابلية على التراكم في الأنسجة المختلفة داخل الجسم الحي.

تقسيم وتصنيف السموم الفطرية

هناك صعوبة في إيجاد تصنيف سهل ومعبر لمجاميع السموم الفطرية وأنواعها, كون تركيبها الكيميائي ومصدر إنتاجها متباين, كما إن هناك اختلافات واسعة في ميكانزم تأثيرها السام على الأنظمة البايولوجية. هناك العديد من نظم التصنيف للسموم الفطرية منها حسب ميكانزم التأثير السام مثل السموم الكبدية أو الكلوية أو الجلدية أو المناعية.... الخ. أو من خلال تأثيرها في المادة الوراثية (الحامض النووي) كالسموم المطفرة أو المسببة للسرطان أو الحساسية أو مسخ الجين. أو بالاعتماد على التركيب الكيميائي, إذ تقسم السموم الفطرية على أساسها الى مجاميع: كمجموعة السموم التي تحوي في تركيبها على Coumarins مثل سموم Aflatoxins وSterigmatocystin, أو مجموعة الـــسموم الفطرية التي تحوي مجموعة lactones كما في سم الـــ Zearalenone وOchratoxin, ومجموعة الـــسموم التي تحوي في تركيبها على Sesquiterpeno مثل سم الـــ Deoxynivalenol و-T2 toxin وNivalenol و Trichothecene group وDiacetoxicirpeno. كما صنفت من قبل علماء الكيمياء الحيوية الى مركبات Polyketides وAmino acid-derived.... الخ. أو من خلال الأعراض المرضية المتسببة عن السم الفطري مثل مرض St. Anthony's fire و Stachybotryotoxicosis و(Alimentary Toxic Aleukia (ATA .... الخ. أو التصنيف الذي يعتمد على الفطر المنتج للسم مثل السموم المنتجة من قبل الفطر, كسموم الـــ Aspergillus وسموم Penicillium وسموم الـــ Fusarium ....الخ. كما إن هناك تصنيف يعتمد على أساس شدة سمية مركبات الأيض الثانوي (السموم الفطرية) الى شديدة السمية ومتوسطة السمية ومنخفضة السمية. كما يمكن إعتماد أكثر من تصنيف في لوضع السموم الفطرية في نظام تصنيفي يكون إكثر دقة وواقعية, مثال على ذلك سموم الأفلاتوكسين تعتبر

من السموم المنتجة من قبل Aspergillus, مطفرة, مسرطنة, تحوي في تركيبها الكيميائي على Difuran وتعتبر Polyketide.

سوف نعتمد في هذا الكتاب تقسيم أو تصنيف للسموم الفطرية الذي يعتمد على أساسه ما تسببه من ضرر في النظام الحيوي:

1- Hepatotoxins سموم كبدية التأثير.

وهي السموم التي تؤثر على الكبد و تتلفه أو تسبب له السرطان مثل سموم Aflatoxin و Ochratoxin وغيرها.

2- Nephrotoxins سموم كلوية.

وهي السموم التي تؤثر على الكلية وتسبب سرطان الكلية والفشل الكلوي مثل سموم Citrinin و Gliotoxin و Ochratoxin وغيرها.

3- Cardiotoxins سموم قلبية.

وهي سموم يكون تأثيرها على القلب مثل سموم Xanthotoxin و Ergot alkaloids و Pencillic acid وغيرها.

4- Gastrointestinal toxins سموم معدية معوية.

وهي السموم التي تؤثر في الجهاز الهضمي مثل سموم الـ Trichothecenes و Gliotoxin.

5- Genitotoxins سموم جنسية.

وهي السموم التي تؤثر في أعضاء الجهاز التناسلي مثل سم ال Zearalenone و Zeranol و Zearalenol.

6- Dermatotoxins سموم جلدية.

وهي سموم التي تؤثر في الجلد وتسبب حالات تهيج وتقرح, مثل سموم Trichothecenes كال T2-toxin و HT2-toxin.

7- Neurotoxins سموم عصبية.

السموم التي تؤثر في الجهاز العصبي كسم الـــ Rubratoxin وAflatoxin B1 و-T2 toxin وغيرها.

8- Pulmonarytoxins سموم رئوية.

سموم تؤثر في الجهاز التنفسي مثل السم Satratoxins وIpomeano .

9- Hematopoietic toxins سموم أجهزة بناء الدم.

وهي السموم التي توثر في مصانع إنتاج كريات الدم مثل Moniliformin و Trichothecenes وغيرها.

10- Carcenogenictoxins سموم مسرطنة.

وهي سموم تؤدي الى تحفيز خلايا سرطانية مثل Aflatoxins وPatulin و Sterigmatocystin وغيرها.

11- Mutagenictoxins سموم مطفرة.

سموم التي تسبب طفرات في الجينوم الخلوي مثل Aflatoxin وAltertoxin.

12- Teratogenictoxins سموم تسبب تشوه خلقي.

السموم التي تؤثر في الإجنة وتسبب تشوه خلقي مثل سم Ochratoxin وAlternariol وErgot alkaloids وغيرها.

13- Hemorrhagic سموم تسبب النزف.

سموم تؤدي الى حدوث نزف داخل الجسم مثل T2-toxin وPatulin وغيرها.

أعراض التسمم بالسموم الفطرية

تعتمد أعراض التسمم بالسموم الفطرية على نوع السم الفطري والجرعة وفترة التعرض وطريقة التعرض للسم, تعتبر هذه العوامل محددات لتشخيص حالة التسمم وكذلك مدى تأثيرها في الشخص المتعرض لحالة التسمم. ويمكن تلخيص الأعراض الناتجة عن حالات التسمم بالسموم الفطرية الى:

1-حكة وطفح جلدي وتقرحات وتهيج
2-نزف من الأنف
3-إسهال والم في البطن
4-نزف داخلي
5- ضعف الجهاز المناعي
6-صداع
7-حمى
8-غثيان
9-السعال والم في الحنجرة والمرىء
10- الأحتقان

المراجع

العراقي, رياض احمد.2010.أفات الحبوب والمواد المخزونة وطرائق مكافحتها. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. جامعة الموصل. ص 616.

مصطفى نوار، رشاد الناطور.1989.الميكوتوكسينات والتسمم الميكوتوكسيني فى الإنسان والحيوان. الطبعة الأولى-عمان- الجامعة الأردنية.

Abbott,S.P.2002.Mycotoxins and Indoor Molds. Indoor Environment Connections. 3(4):14-24.

Bennett JW, and M.Klich.2003. Mycotoxins. Clin. Microbiol. Rev.16 (3):497-516.

Donald M. Gardiner, Sheree Osborne, Kemal Kazan and John M. Manners. 2009. Low pH regulates the production of deoxynivalenol by *Fusarium graminearum*. Microbiology. 155:3149–3156.

Keller, N. P., Nesbitt, C., Sarr, B., Phillips, T. D. & Burow, G. B.1997. pH regulation of sterigmatocystin and aflatoxin biosynthesis in *Aspergillus* spp. Phytopathology. 87:643–648.

Keller, S. E., Sullivan, T. M. & Chirtel, S.1997. Factors affecting the growth of *Fusarium proliferatum* and the production of fumonisin B1: oxygen and pH. J. Ind. Microbiol Biotechnol. 19:305–309.

Lamb, M. C., Sternitske, D. A.2001. Cost of aflatoxin to the farmer, buying point, and sheller segments of the southeast US peanut industries. Peanut Sci. 28:59–63.

Margaret P, and A. P. Damoglou.1986. The effect of water activity and pH on the production of mycotoxins by fungi growing on a bread analogue. Letters in Applied Microbiology. 3(6):123-125.

O'Callaghan, J., Stapleton, P. C. & Dobson, A. D. W.2006. Ochratoxin A biosynthetic genes in *Aspergillus ochraceus* are differentially regulated by pH and nutritional stimuli. Fungal Genet Biol 43:213–221.

Randall, A.2008. Mycotoxicoses in dairy cattle-a case history review. Mikologia Lekarska. 15(3):180-185.

Schmale D G. and Gary P. M.2012. Mycotoxins in Crops: A Threat to Human and Domestic Animal Health. The American Phytopathological Society

Vardon, P. J.2003. Mycotoxins: risks in plant, animal and human systems. In: Potential Economic Costs of Mycotoxins in the United States. Cast Task Force Report No. 139, January, pp. 136–142.

الفصل الثالث

المقدمة

الفطريات السامة و منتجاتها الآيضية الثانوية

السموم المنتجة داخل انسجة الفطريات السامة

العراهين

Amanita phalloides

Amanita muscaria

Amanita ocreata

Amanita bisporigera

Amanita virosa

Amanita verna

Agaricus xanthodermus

Claviceps purpurea

السموم الفطرية المنتجة خارج جسم الفطريات

سموم الافلاتوكسينات

سم الافلاتوكسين B1

سم الافلاتوكسين B2

سم الافلاتوكسين G1

سم الافلاتوكسين G2

السموم المتأيضة عن سموم الافلاتوكسين

سم الاوكراتوكسين OT

سموم الفيومونوزينات Fumonisin

سموم الترايكوثسينات

مجموعة سموم الترايكوثسين A

سم الــ T2-Toxin **و** HT2-Toxin

سم الــ Diacetoxyscirpenol (DAS)

مجموعة سموم الترايكوثسين B

سم Deoxynivalenol (DON)

سم الــ Nivalenol (NIV)

سم الــ zearalenone (ZEA)

سم Zeranol (**α**-zearalanol) (**α**-ZAL)

سم الــ Citrinin

سم الــ Patulin

سمي الــ Alternariol (AOH) **و**Alternariol monomethyl ether (AME)

سم الــ Tenuazonic Acid

سم الــ Moniliformin

سم الــ Beauvericin

سم الــ Sterigmatocystin

سم الــ Fusaric acid

سم الــ Cyclopiazonic acid

سم الــ Penicillic acid

آلية التــأثير لبعض انواع السموم الفطرية في النظم الحيوي

مقدمة

الفطريات Fungi عبارة عن كائنات حية حقيقية النواة, لا تحتوي على كلوروفيل, منها ما هو مجهري يتكون من خلية واحدة او متعدد الخلايا, ومنها ما يمكن مشاهدته بالعين المجردة كما هو الحال في الفطريات اللحمية (العراهين) Mushrooms.

بدات معرفة الانسان بالفطريات من خلال مشاهدته العراهين بالعين المجردة واستخدام ما يصلح منها كغذاء, اما الفطريات المجهرية فلم تعرف الا بعد اكتشاف المجهر. يتوقع العلماء ان هناك ما يربو عن 1.5 مليون نوع من الفطريات, ما مكتشف منها لحد الان ما يقارب 250 الف نوع, تسبب العديد من الامراض للانسان والحيوان والنبات, إضافة الى أن منها ما هو مفيد يدخل في مفاصل التصنيع الغذائي.

تشير الادبيات ودراسات الحفريات الى أن الفطريات كانت موجودة قبل حوالي 500 مليون سنة ومنها تطورت وتكيفت للعيش في بيئات مختلفة كالماء والتربة, ومنها ما هو متطفل ومترمم ومنها ما يعيش في البيئات الجافة والرطبة...الخ. كما ذكرت الامراض النباتية المتسببة عن الفطريات على محاصيل الزراعية في الكتب المقدسة, اذ اشار القران الكريم الى قصة سيدنا يوسف عليه السلام عن مجاعة كادت تنتشر في عهده نتيجة الاصابة بالامراض و الافات الزراعية على مدى سبعة سنوات متتالية, ولولا الحكمة التى اولاها الله لنبينا يوسف في تفسير الرؤيا لهلكت مصر وما حولها. ولقد اثبت العلم الحديث ان تخزين حبوب القمح في سنابلها يمكن ان يحميها ويحفظها من الاصابات الفطرية والحشرية التي تهاجم الحبوب في المخزن. عرفت أمراض النبات منذ ان استوطن الانسان حول مجاري الأنهار وحيث نشأت الحضارات القديمة فى مصر والهند وبلاد ما بين النهرين. يعد الفيلسوف اليونانى ثيوفراسنس (370–286 ق.م) هو أول من كتب عن امراض الأشجار والحبوب والبقوليات وكانت لملاحظاته القيمة حول انتشار امراض أصداء النجيليات فى المناطق المنخفضة (الوديان) ذات أهمية بالغة لفهم الأمراض . اذ أشارت الحفريات القديمة (1300 سنة قبل الميلاد) إلى كلمة مرض صداء القمح وضررها على المحصول اذ ان الرومان القدماء جعلو إله للصدأ اسموه "روبيجوس" Robgus (43 سنة قبل الميلاد) وكانوا

يقدمون له القرابين لحماية محاصيلهم الزراعية (قمح وشعير) من هذا المرض. كما اعتبر المصريين القداماء ان عملية التخمير للعجين هو هبة الاله اوسرس Osiris. كما استخدمت العراهين من قبل الانسان في العصور الوسطى كغذاء ودواء, واستعمل من قبل المشعوذين والسحرة في اعمال الدجل لقابلية بعض انواع العراهين على احداث هلوسة للاشخاص الذين يتناولونها. كما استخدمت العراهين في بعض الطقوس الدينية الوثنية لاحداث هلوسة والوصول الى حالة النشوة.

تبدأ قصة السموم الفطرية في الأربعينات من القرن الماضي اذ حدثت وفاة جماعية في روسيا وتناولتها الصحف ولم تُعرف الأسباب حينئذ، اشارت الدراسات فيما بعد أن التلوث الغذائي بسموم بالتريكوثيسينات كان السبب وراء موت الآلاف في روسيا في ذلك الوقت. وفي عام 1960 انتشر مرض أدى لنفوق 100.000 (مائة ألف) كتكوت ديك رومي، وكذلك نفوق عالٍ في البط والدجاج والخنازير والعجول، ونسبت حالات المرض الى مجهول واطلق عليه X Disaese، حتى اكتشف أن السبب يرجع لتلوث مكون من علائق تغذية الحيوانات التي تضاف إلى الأعلاف (كسب فستق الحقل برازيلي المنشأ) بفطر *A.flavus* المنتج لسموم الافلاتوكسينات. ومن هذا التاريخ انطلق علم السموم الفطرية Mycotoxicology وهو علم يهتم بدراسة مركبات الايض الثانوي المنتجة من قبل الفطريات السامة للانسان والحيوان والنبات, وتأثيراتها البايلوجية وكيفية معالجتها والتخلص منها.

الفطريات السامة ومنتجاتها الايضية الثانوية

السموم المنتجة داخل انسجة الفطريات السامة

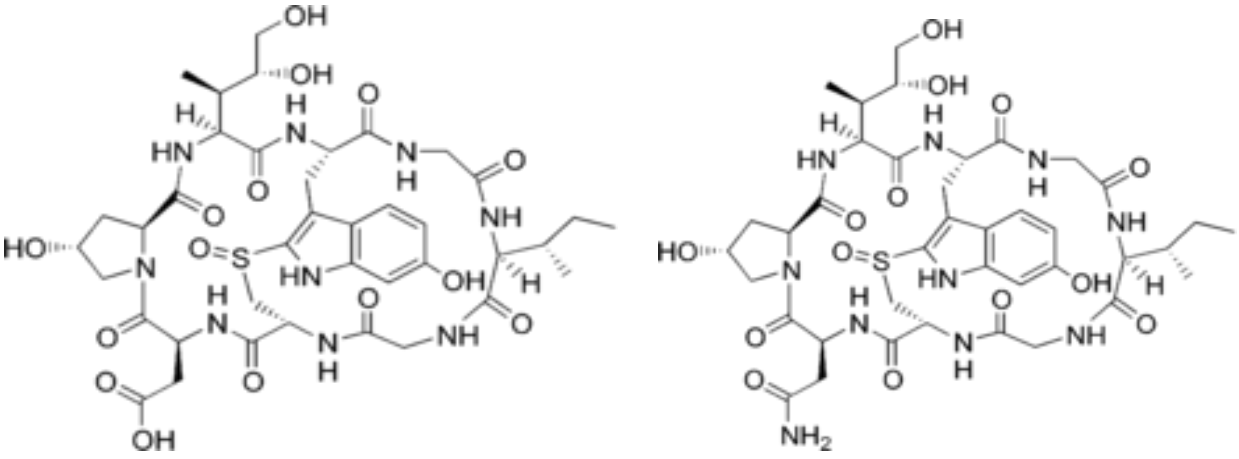
Amanita phalloides المعروف باسم قبعة الموت، هو من العراهين السامة التابعة لصف الفطريات البازيدية. ينتشر الفطر على نطاق واسع في جميع أنحاء أوروبا، ويكون علاقة تعايش مايكورايزا خارجية مع مختلف الأشجار العريضة الأوراق. إدخل هذا الفطر لمناطق جديدة مع عمليات التشجير وزراعة انواع اشجار غير محلية مصابة بالفطر, مثل

اشجار البلوط، والكستناء، والصنوبر. تظهر الاجسام الثمرية ذات الاحجام المتوسطة الى الكبيرة خلال فترة الصيف والخريف، وعادة ما تكون القبعة ذات لون اخضر مصفر, وحامل القبعة والغياشيم بيضاء اللون. هذه الفطر يشبه العديد من العراهين الصالحة للأكل منها فطر قيصر وفطر القش, الذي يشيع تناوله من قبل السكان والذي يزيد من خطورة التعرض لحالات التسمم جراء الاشتباه في استهلاك هذا العرهون, اذ ان تناول نصف قبعة من جسم الفطر قادره على ان تقتل انسان بالغ. فطر الـــ *A. phalloides* واحدة من أكثر العراهين السامة المعروفة, وقد ساهم في احداث معظم الوفيات البشرية الناجمة عن التسمم بالعراهين. حيث ذكرت الادبيات التاريخية وفاة الامبراطور الروماني كلاوديوس والامبراطور الروماني المقدس تشارلز السادس خلال تناوله العرهون *A. phalloides*. عزل العديد من المركبات النشطة بيولوجيا من الجسم الثمري للفطر, المركب الرئيسي الذي عزل هو السم الفا–أمانيتين وبيتا أمانيتين وPhalloidin وPhallolysin، وهي عبارة عن مركبات ببتيدية حلقية (Cyclopeptides) حيث تعمل على احداث اضرار بالكبد والكلى وغالبا ما يؤدي الى الموت. الجرعة النصفية القاتلة لسموم الـــ Amanitin في العراهين عندما تؤكل الثمار طازجة هي 0.1 ملغم/كغم, اما سموم الـــ Phalloidin فالجرعة النصفية القاتلة على الفئران عند تحقن بالسم هي 2 ملغم/كغم وهي تعادل عشرة اضعاف سمية السيانيد. يرتبط السم α–amanitin بأنزيم RNA PolymeraseII المسؤول عن ترجمة DNA لتكوين mRNA مما يؤدي الى تثبيطه ومنع انتاج البروتينات مؤدية الى موت الخلية. تكون خلايا الطلائية المبطنة للامعاء وخلايا الكبد والكلى الاكثر تأثرا بالسم من غيرها, لا يوجد ترياق للسم, كما ان الاعراض تظهر بعد حصول ضرر كبير نتيجة التسمم, ولا يمكن علاجه مما يجعلة من السموم الاخطر والاكثر صعوبه في العلاج.

للكشف السريع عن سموم الامانيتوكسين في الجسم الثمري للفطر, تعصر قطعة من نسيج الفطر على ورقة نشاف وتترك لتجف ثم تضاف قطرة من حامض الهيدروكلوريك المركز على البقعة, فأذا تحول لونها الى الازرق يشير ذلك الى وجود السم. تتميز اعراض التسمم عند حدوث حلات تسمم نتيجة تناول هذا العرهون الى اربعة مراحل رئيسة وهي فترة

الكمون من 6–24 ساعة من تناول الفطر السام, لا تظهر في هذه الفترة اعراض مرضية, يتبعها تقيوء واسهال شديد والام في البطن تستمر 24 ساعة, تختفي الاعراض بعد ذلك لفترة قصيرة يتبعها انهيار كامل في وظائف الكليتين والكبد مؤدية الى الغيبوبة والموت.

الجسم الثمري للفطر *Amanita phalloides* والمعرف بقبعة الموت.



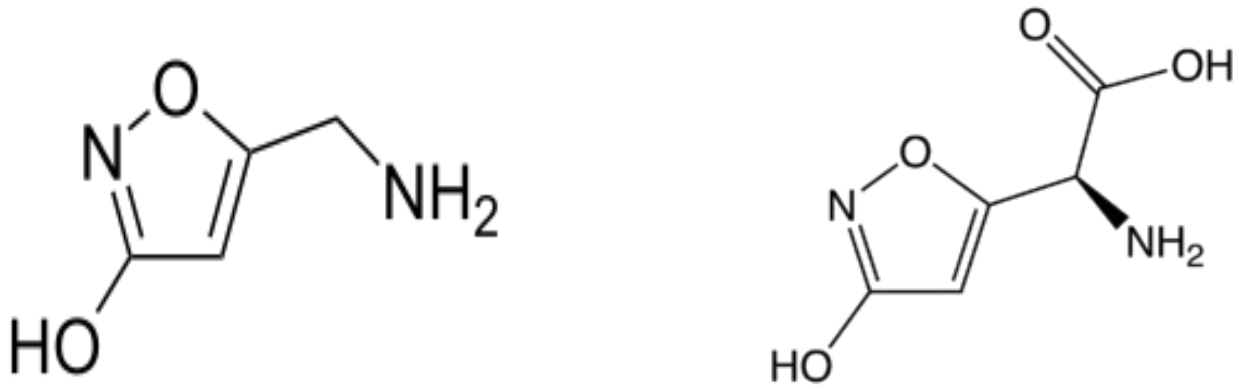
β-Amanitin

α-Amanitin

سموم الامانتين التي تنتج في أنسجة الجسم الثمري للفطر *Amanita phalloides*.

Amanita muscaria والمعروف بعرهون الذباب عند الاغريق, كما له تأثير قاتل للحشرات, العالم Albertus Magnus هو اول من سجل وذكر الفطر عام 1256 ميلادي. يعود الفطر الى مجموعة الفطريات البازيدية, ينتشر في المناطق المعتدلة والنصف الكرة الارضية الشمالي, وقد نقل عن غير قصد الى النصف الكرة الجنوبي مع شتلات الاشجار الصنوبرية والنفضية المصابة بالفطر, كون الفطر متعايش مع جذور هذه الاشجار (مايكورايزا خارجية). يكون الجسم الثمري (القبعة) بلون احمر غامق مع وجود بقع او قشور بيضاء اللون على القبعة, حامل القبعة والغياشيم ابيض اللون. كما توجد سلالات من هذا النوع يكون لون القبعة فيها بني او اصفر او برتقالي او وردي فاتح. حدوث حالات تسمم ناجمة عن تناول هذا الفطر نادرة, حيث يؤكل الفطر في اجزاء من اوربا واسيا وامريكا الشمالية بعد عملية الطبخ جيدا. لهذا النوع خواص مهلوسة للاشخاص الذين يتناولون الاجسام الثمرية لهذا الفطر, ففي سيبريا يستخدم الفطر كمهلوس في احتفلات دينية خاصة للوصول الى حالة النشوة, كما ذكر الفطر في المخطوطات الاغريقية والهندية. المركب السام الموجود في هذا الفطر هو Muscarine و Ibotenic acid الذي يتحول الى مركب الـــ Muscimol في المعدة للشخص المتناول لهذا الفطر, تبلغ الجرعة السامة للاشخاص البالغين ما يقارب 6 ملغم للـــ Muscimol و30–60 ملغم من مركب الـــ Ibotenic acid. تظهر الأعراض عادة بعد حوالي 30 إلى 90 دقيقة من تناول الفطر, ولكن بعض الآثار يمكن أن تستمر لعدة أيام. تتمثل الاعراض بالتعرق وإفراز اللعاب والدموع وهذا ما يطلق عليه متلازمة PSL (زيادة التعرق واللعاب والدموع) والغثيان والنعاس وانخفاض ضغط الدم والنشوة وفقدان التوازن, الخطر الوحيد هو توقف القلب عند تناول جرعات زائدة او اذا كان الشخص يعاني من امراض القلب والشرايين.

الجسم الثمري للفطر *Amanita muscaria* **والمعروف بعرهون الذباب.**



Muscimol Ibotenic acid

سموم الفطر *Amanita muscaria* **المنتجة داخل أنسجة الجسم الثمري.**

Amanita ocreata وهو من العراهين القاتلة حيث اطلق علية اسم الملاك المميت, يعود للفطريات البازيدية, ينتشر في مناطق شمال غرب المحيط الهادىء وامريكا الشمالية, يتواجد وينمو الفطر تحت اشجار البلوط, حيث يكون علاقة تعايشية مع جذورها (مايكورايزا خارجية), ينمو الفطر ويكون اجسام ثمرية في فصل الربيع. تكون القبعة بيضاء اللون

والسويقة (الحامل) والغياشيم بيضاء اللون ايضا, عند نضج الجسم الثمري يتحول مركز القبعة الى اللون البني. يحتوي الجسم الثمري على سموم الـــ Amatoxins وPhallotoxins, حيث ان تناول نصف قبعة من الجسم الثمري قادرة على ان تقتل انسان بالغ. يوثر السم فى الـــRNA polymerase II و mRNA وmicroRNA وsnRNA , كما يؤثر في الاعضاء الحيوية داخل الجسم كالكبد والكلية. الأعراض الأولية الظاهرة في الجهاز الهضمي، وتشمل الألم البطن ومغص والإسهال والقيء, تهدأ الاعراض مؤقتا بعد 2–3 أيام، على الرغم من الضرر الجاري في الأعضاء الداخلية خلال هذه الفترة, تظهر أعراض يرقان وهذيان واسهال، يتبعها غيبوبة ثم الموت نتيجة فشل عمل الكبد بعد 6–16 يوما من تناول الفطر.

الجسم الثمري للفطر السام *Amanita ocreata* والذي يطلق عليه الملاك المميت.

Amanita bisporigera المعروف باسم ملاك شرق أمريكا الشمالية المميت أو الملاك المميت, يتواجد الفطر تحت اشجار الصنوبريات والغابات النفضية المختلطة في أمريكا الشمالية وجنوب شرق المكسيك، ولكنها نادرة في غرب أمريكا الشمالية حيث يكون علاقة تعايشة مع جذور هذه الاشجار (مايكورايزا خارجية)، وقد تم العثور عليه أيضا في مزارع الصنوبر في كولومبيا. القبعة ذات لون ابيض وملمس ناعم, ويوجد تركيب بارز من الساق (الحامل) على شكل حلقة تحت القبعة, وفي اسفل الساق يوجد تركيب يشبة الكيس يطلق علية

Volva. الغياشيم بيضاء اللون ومزدحمة وغير ملتصقة بالحامل, والابواغ تحمل على بازيدية ذات حامليين بوغين, ومنها يعود اليه اسم نوع هذا الفطر. وصف الفطر لأول مرة في عام 1906، وصنف على انه *A. bisporigera*. يحتوي الجسم الثمري على سموم الـــ Amatoxins ويكون على عدة انواع α, β, γ-amanitin, وهي مركبات ببتيدية لها دور في تثبط انزيم بوليميريز RNA الذي يتداخل مع DNA transcription, وهذا بدوره يمنع تصنيع وانتاج البروتينات في الجسم, كما يتعارض مع مهام الخلوية المختلفة. الأعراض الأولى للتسمم تظهر بعد 6 إلى 24 ساعة بعد الاستهلاك، تليها فترة من التحسن الواضح، ثم ضرر في الكبد وفشل كلوي وانتكاسة والموت بعد أربعة أيام أو أكثر. تعتبر سموم التابعة لجنس Amanita مستقرة لا تتحطم بالحرارة العالية او التجميد او تجفيف الجسم الثمري, حيث ان الجرعة القاتلة للشخص البالغ هي 1غم من الجسم الثمري.

الجسم الثمري للفطر *Amanita bisporigera* والمعروف ايضا بالملاك المميت في شمال شرق امريكا.

Amanita virosa والمعروف باسم الملاك المدمر الأوروبي، هو من الفطريات التابعة لصف الفطريات البازيدية، يتواجد بشكل متعايش مع جذور الأشجار الصنوبرية والنفضية بشكل مايكورايزا خارجية. تظهر الاجسام الثمرية في الصيف والخريف، القبعه والحامل

والخياشيم ذات لون ابيض, كما تكون كل من الحلقة والــ Volva متميزه جدا. المكون الرئيسي السام في الاجسام الثمرية هو α–أمانيتين, يسبب أضرار في الكبد والكلى وهي قاتلة في كثير من الأحيان. كما له تأثيرات على RNA polymerase II الذي يمنع ترجمة الــ DNA الذي بدوره يمنع تصنيع البروتين.

الجسم الثمري للفطر *Amanita virosa* او ما يطلق علية الملاك المدمر الاوربي.

Amanita verna والمعروف باسم فطر الحمقى كما ويطلق علية الملاك المدمر ايضا، وهو من الفطريات السامة القاتلة التابعة الى الفطريات البازيدية, يتواجد في أوروبا ويظهر في الربيع والصيف والخريف تحت الاشجار النفضية المختلفة والأشجار الصنوبرية ويكون علاقة تعايشية مع الجذور (مايكورايزا خارجية). الجسم الثمري ابيض اللون لكل من القبعة والخياشيم والحامل, كما تكون كل من الحلقة والــ Volva متميزه جدا. يحتوي الجسم الثمري على سم Amatoxins، وفي المقام الأول ألفا-أمانيتين، الذي يسبب فشل الكبد. لا توجد أعراض سلبية من تناول الفطر حتى 6–24 ساعات بعد تناوله, الأعراض الأولى هي ببساطة عدم الارتياح وتشنجات عنيفة واسهال, في اليوم الثالث تتكرر نفس الأعراض، بعدها يبدو المريض بحالة صحية جيدة وينتكس بعدها نتيجة الفشل في كل من الكلى الكبد بسبب سموم الــ Amatoxins. عند هذه النقطة، يجب اخذ تدابير جذرية مثل زرع الكبد او موت للشخص المتسمم. الجرعة القاتلة للانسان البالغ لهذا الفطر هو 30 غم من الجسم الثمري.

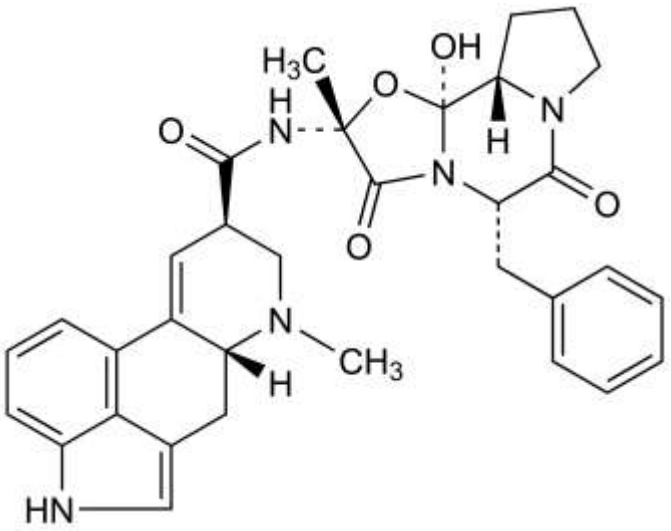
الجسم الثمري للفطر *Amanita verna* او ما يطلق علية بفطر الحمقى.

Agaricus xanthodermus يعود الفطر الى صف الفطريات البازيدية, جنس الـــ Agaricus, يضم هذا الجنس العرهون الابيض التجاري *A. biosporus* وعرهون الحقل *A. campestris* اللذان يستهلكان بشكل كبير في اغلب مناطق العالم. يطلق على الفطر *A. xanthodermus* ايضا بفطر الصبغة الصفراء حيث عند قطع اي جزء من جسم الفطر يفرز صبغة صفراء اللون, يعتبر الفطر سام للانسان ويسبب اضطرابات في الجهاز الهضمي واعراض تعرق وتقلصات حادة في المعدة. اشارت المصادر الى انLéon Gaston 1876 اول من اطلق علية *A. xanthodermus*. يعتبر الفطر من الفطريات المترممة على المواد العضوية. حالات التسمم فيه قليلة لسهولة تمييزة من خلال افرازاته الصفراء اللون.

الجسم الثمري للفطر السام *Agaricus xanthodermus*.

Claviceps purpurea يعود الفطر الى صف الفطريات الكيسية, سجل وشخص المرض من قبل Grandclement عام 1855, وفي عام 1676 سجلت حادثة تسمم وبائية على حيوانات المزرعة والسكان الذين استهلكوا حبوب ملوثة بالاجسام الحجرية للفطر. يصيب الفطر محاصيل الحبوب محولا الحبة المصابة الى جسم حجري اسود اللون يبلغ طولها 3 الى 5 اضعاف طول الحبة السليمة. يسبب المرض انخفاض في كمية ونوعية الحاصل, فعند تغذيت حيوانات المزرعة (لبونة) على حبوب ملوثة بأجسام حجرية للفطر, يؤدي ذلك الى ظهور اعراض التسمم والتي يطلق عليها التسمم الاريكوتي Ergotism. تحوي الاجسام الحجرية على مركب قلويدي هو الـــ Ergotamine, الذي يسبب تضيق في الاوعية الدموية مما يؤدي الى عدم وصول الدورة الدموية الى الاطراف وبالتالي حدوث الغنغرينا, اضافة الى اعراض هلوسة وتشنجات وغثيان, وفي حالة تناول جرع عالية يؤدي الى الموت, وحالات اجهاض للنساء الحوامل نتيجة تقلصات عضلات الرحم. كشفت الدراسات والبحوث الى ان لقلويد الـــ Ergotamine تأثير علاجي, اذ استخدم لايقاف نزيف ما بعد الولادة وكذلك علاج الصداع النصفي.

أ



ب- Ergotamine

شكل يوضح الاصابة بالفطر *Claviceps purpurea* على سنبلة القمح. أ- شكل الاصابة: اجسام حجرية سوداء متطاولة تتكون في مكان الحبوب بالسنبلة. ب- البناء التركيبي للسم Ergotamine المنتج في الجسم الحجري.

السموم الفطرية المنتجة خارج جسم الفطريات

اغلب الاحياء المجهرية تنتج مركبات الايض الثانوي خارج الجسم في الوسط الذي تنمو فيه, اذ توجد العديد من هذه الاحياء التي تنمو وتعيش على محاصيل الحبوب الزراعية والمنتجات الزراعية الاخرى كالفواكه والخضر والمنتجات الغذائية المصنعة, وقد تتواجد في المواد الاخرى الغير غذائية كألاخشاب وارضيات وجدران واسطح المنازل سواء كانت من الخشب او مواد البناء كالاسمنت والجص وغيرها.

سموم الافلاتوكسينات

يعتبر اكتشاف سموم الافلاتوكسينات الحدث الاول الذي فتح الباب امام نشوء علم جديد اطلق علية علم السموم الفطرية, وذلك خلال حدوث حالة موت وبائية على افراخ طيور الديكة الرومية في انكلترا عام 1960, أدت الى موت اكثر من 100.000 طير, لم تعرف الاسباب في تلك الفترة, واطلق علية في حينها مرض الديكة الرومية الغامض (Turkey X-Disease). وحدثت حاله تسمم اخرى على افراخ البط, اذ ظهرت حالات موت بأعداد كبيره عليها. توالت الدراسات لأكتشاف مسبب الرئيسي للمرض, أظهر المسح الدقيق ان تفشي المرض كان مرتبطا مع تغذية الطيور على اعلاف حاوية على كسبة فستق الحقل البرازيلي, اجري دراسات معمقة وتحقيق دقيق ومكثف على وجبة كسبة فستق الحقل المسبب للمرض, وسرعان ما وجد أن هذه الوجبة كانت شديدة السمية لافراخ طيور البط والديكة الرومية وكانت الأعراض النموذجية للمرض متطابقة مع مرض (X Disease). في عام 1961 تم تشخيص الفطر المسؤول عن انتاج السم وهو *A.flavus* والسم المسؤول عن احداث المرض واطلق علية الافلاتوكسين Aflatoxin وهو اختصار A جائت من اسم الجنس الفطر Aspergillus و fla جائت من اسم نوع الفطر flavus والسم toxin. ينتج الفطر العديد من انواع الافلاتوكسينات, حيث هناك ما يقلرب 20 منتج ثانوي, ينسب لمجموعة سموم الافلاتوكسين. وقد صنفت سموم الافلاتوكسينات حسب لون تألقها تحت الاشعة فوق بنفسجية وقيمة معدل الجريان (Rf) على شرائح كروماتوكرافي الطبقة الرقيقة (TLC).

بعض المواصفات الفيزيائية والكيميائية لمجموعة من سموم الافلاتوكسينات.

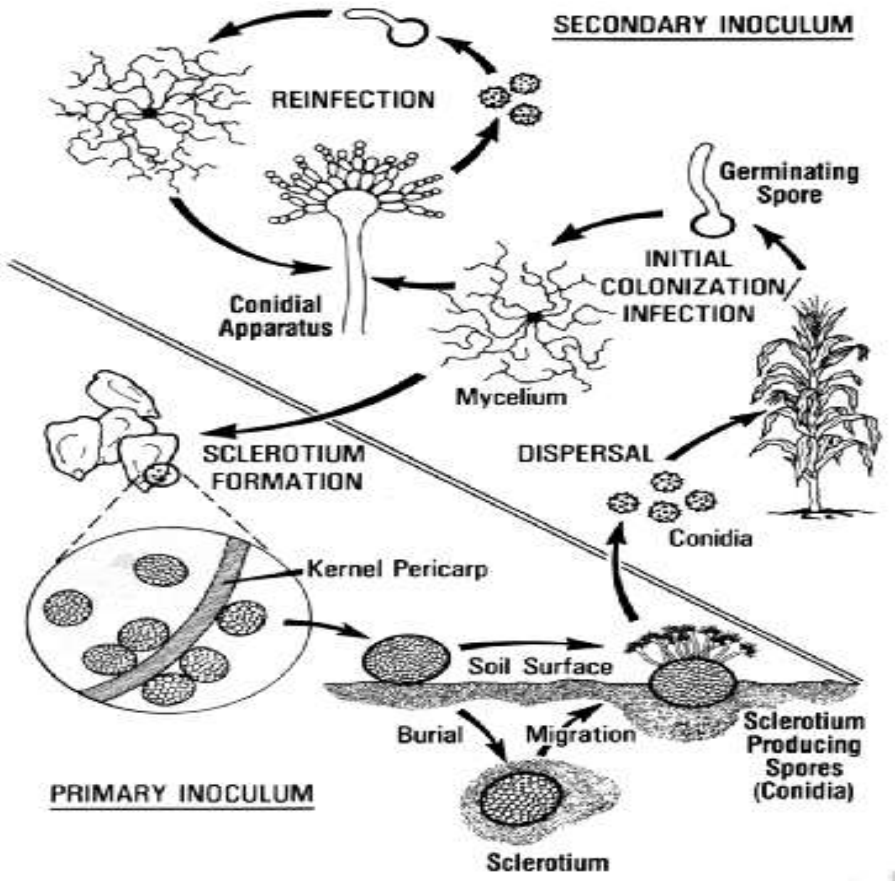
Aflatoxin	Molecular formula	Molecular weight	Melting Point	UV absorption max (e), nm, methanol	
				265	360-362
B_1	$C_{17}H_{12}O_6$	312	268-269	12,400	21,800
B_2	$C_{17}H_{14}O_6$	314	286-289	12,100	24,000
G_1	$C_{17}H_{12}O_7$	328	244-246	9,600	17,700
G_2	$C_{17}H_{14}O_7$	330	237-240	8,200	17,100
M_1	$C_{17}H_{12}O_7$	328	299	14,150	21,250 (357)
M_2	$C_{17}H_{14}O_7$	330	293	12,100 (264)	22,900 (357)

1- الافلاتوكسين B1 (Aflatoxin B1)

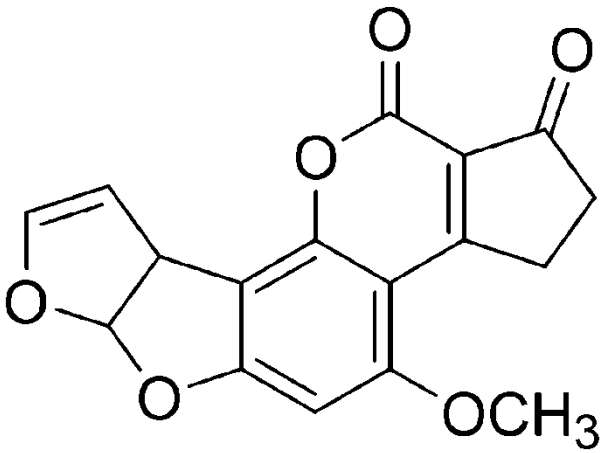
سم الافلاتوكسين B1 (AFB1) تركيبه الكيميائي $C_{17}H_{12}O_6$, الوزن الجزيئي 312 دالتون, درجة انصهاره 268–269م°, وذو تألق أزرق اللون تحت اشعة فوق بنفسجية, لذا جائت تسمية السم من اول حرفين من كل من الجنس A (Aspergillus) والنوع للفطر F (flavus) واللون الازرق B (Blue) تحت اشعة فوق بنفسجية والرقم 1 هو مكان ظهوره السم في شريحة الكروماتوكرافي الرقيقة (TLC) وتظهر أول بقعة في أعلى الشريحة. يعتبرAFB1 من اكثر سموم الافلاتوكسينات سمية وانتشار. السم بصورته النقية يكون بشكل صلب بلوري ابيض الى اصفر اللون, عديم الرائحة, مستقر حراريا, ويذوب في المذيبات العضوية مثل الكلوروفورم والميثانول والاسيتون واسيتونايتريل. يتواجد السم ملوثا لمحاصيل الحبوب خاصة الذرة الصفراء وفول الصويا وفستق الحقل. وينتج السم بشكل رئيسي من قبل الفطر *A. flavus*, وتعد باقي الانواع منتجات ثانوية لسم AFB1. صنف سم الـــ AFB1 من المواد المسرطنة تعود للفئة الاولى للانسان. يتم استقلاب السم في الكبد إلى مركب وسطي AFB1-8,9-epoxide، تنتج مركبات معقدة تعمل على تعديل الـــ DNA لموقع القاعدة النتايتروجينية من T الى G في كودون 249 في P53 وهو المسؤول عن

تحفيز الاورام السرطانية, وهذا التغيير الجيني شائع في مرضى سرطان الكبد الناتج عن التسمم بالـــ AFB1. كما يتأكسد السم AFB1 الغير نشط عبر اكتسابة ذرة اوكسجين في الكبد من خلال تفاعلات الـــ NADPH في السايتوكروم P-450, اذ يتحول الى AFB1-2,3-oxide الذي بدوره يرتبط مع القاعدة النتروجينية في الحامض النووي N-guanine, ومع مرور الوقت يصبح المعقد اكثر أستقرار 2,3 dihydro-2-(N6-formyl) 2',5',6'-triamino-4'-oxo-N6-pyrimidyl-3-hydroxy-aflatoxin B1, هذا المركب يعتقد انه المسؤول عن تنشيط الجينات المسؤولة عن انتاج خلايا سرطانية, كما يعمل على تبديل القاعدتين النتروجينيتين GC مكان الـــ TA في الـــ DNA. كما يسبب سم AFB1 تليف وتنخر وتراكم الاحماض الدهنية والدهون في الكبد والفشل الكلوي. كما يمكن ان يحدث اصابات سرطانية للجلد في حالات التلامس المباشر للسم مع الجلد. يتحول سم الـــ AFB1 في الكبد خلال عمليات التمثيل في المايكروسومات Microsomes الى سمي الـــ M1 وQ1. الجرعة النصفية القاتلة LD_{50} عبر الفم للجرذان هي 5 ملغم/كغم.

يصيب الفطر *A.flavus* المحاصيل في الحقل وينتقل الى المخزن وبتوفر الظروف البيئية المناسبة لنموه ينتج الفطر سموم الافلاتوكسين في الحاصل.

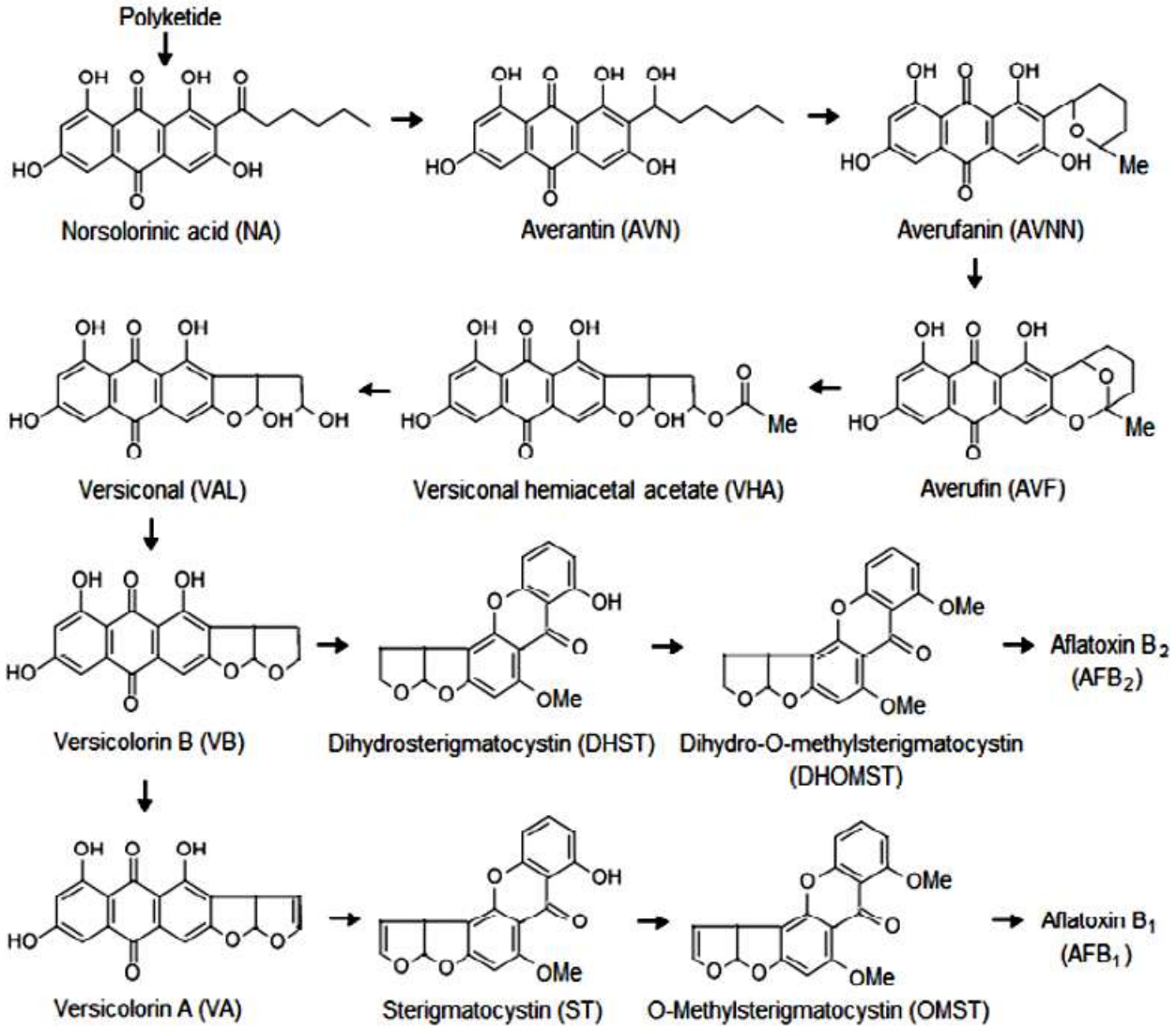


دورة حياة الفطر *A.flavus* في الحقل.



ب أ

أ- التركيب الكيميائي البنائي للسم افلاتوكسين B1 (AFB1). ب- شكل الفطر *A. flavus* تحت المجهر.



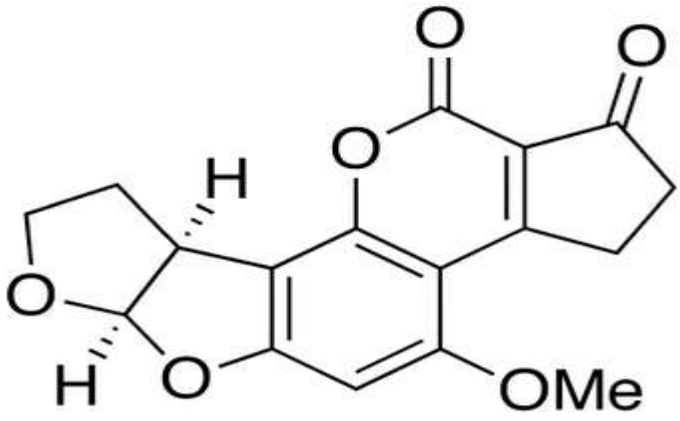
المسار الحيوي التصنيعي لسمي افلاتوكسين B1 وB2 (Trail, 1995).

الحدود المسموح بها لتواجد سموم الافلاتوكسين في المحاصيل الزراعية والمعمول بها حاليا وحسب تصنيف الاتحاد الاوربي.

Crops			Current EU Aflatoxin Maximum Levels/ppb	
			B1	**Total Aflatoxin (B1,B2.G1,G2)**
Treenuts	Almonds, pistachios, Apricot kernels	Ready-to eat	2	4
		For further processing	5	10
	Hazelnuts, Brazil nuts	Ready-to eat	2	4
		For further processing	5	10
	Other tree nuts	Ready-to eat	2	4
		For further processing	5	10
Oilseeds (Not for crushing)	Peanuts	Ready-to eat	2	4
		For further processing	8	15
	Other Oilseeds	Ready-to eat	-	-
		For further processing	-	-
Cereals	Corn	Ready-to eat	2	4
		For further processing	5	10
	Rice	Ready-to eat	2	4
		For further processing	-	-
	Other cereals	Ready-to eat	2	4

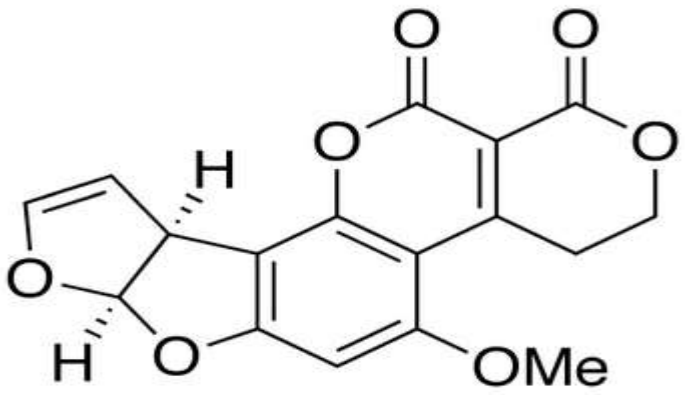
افلاتوكسين B2 (AFB2) تركيبه الكيميائي $C_{17}H_{14}O_6$, وزنه الجزيئي 314.29 دالتون, درجة انصهاره 286–289م°, يذوب السم في المذيبات العضوية القطبية, ذو تألق أزرق اللون تحت اشعة فوق بنفسجية, لذا جائت تسمية السم منه. يظهر السم AFB2 تحت بقعة السم AFB1 على شريحة كروماتوكرافي الطبقة الرقيقة الـــ TLC, لذا اعطي رقم التسلسل 2, ويعتبر اقل سمية من السم AFB1, ينتج السم بشكل رئيسي من الفطر *A.flavus* و*A.parasiticus* وبشكل ثانوي من قبل الانواع *A.pseudotamarii* و*A.nomius* و *A.bombycis* في محاصيل الزراعية كالحبوب (ذرة الصفراء والقمح وغيرها) وفول الصويا وفستق الحقل والمكسرات الذي تنمو فيه هذه الانواع.

يعد السم ـــAFB2 من السموم المسرطنة للكبد والكلية, بالاضافة الى امكانية ارتباطة بالحامض النووي الخلوي, مما يعطيه خاصية الفعل التطفيري. كما يؤثر السم AFB2 في الجهاز الناعي وخاصة في الخلايا المناعية البالعة (Phagocytic cells) وعلى خصائص البلعمة لهذه الخلايا. الجرعة النصفية القاتلة LD_{50} حقنا للجرذان 1.70 ملغم/كغم, يمكن للسم ان يمتص عن طريق الجلد اذا حدث تلامس مباشر مع السم.



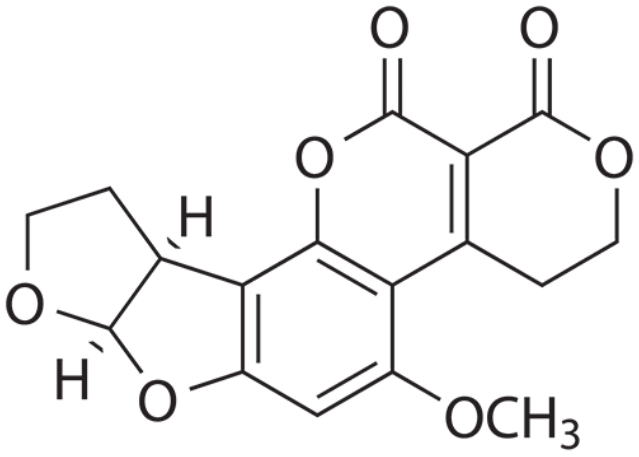
البناء التركيبي للسم افلاتوكسين B2 (AFB2).

سم الافلاتوكسين G1 (AFG1) التركيب الكيميائي للسم $C_{17}H_{12}O_7$, والوزن الجزيئي 328.27 دالتون, درجة حرارة انصهاره 244–246م°. عرف تركيبه الكيميائي عام 1963. اطلق علية بالرمز (G) وذلك لتألقة الاخضر اللون (Green) تحت اشعة الفوق بنفسجية على شرائح كرماتوكرافي الطبقة الرقيقة, يظهر موقع بقعة السمِAFG1 على شرائح الـــ TLC تحت بقعة سم الـــ AFB2, والرقم (1) هو للبقعة الاولى للسم ذو اللون المتألق الأخضر. يتواجد السم في المحاصيل الزراعية المصابة بالفطريات التابع لجنس Aspergillus مثل *A. parasiticus* و *A.tamari* و*A.flavus* و*A.niger* و*A.ochraceus*. يذوب السم في العديد من المذيبات العضوية ومنها الكلوروفورم والميثانول والاسيتون والبنزين ومحدود الذوبان بالماء. الجرعة النصفية القاتلة LD_{50} عن طريق الفم لافراخ البط 785 ميكغم/كغم. الاعراض المتمثلة عن حالات التسمم بالسم AFG1 على الانسان وحيوانات الاختبار هي تلف وتنخر وتليف الكبد, تضخم الكبد, يرقان, حمى كما انه مسرطن للكبد, لكن تأثيره بشكل اكبر كمسرطن على الكلية, الجرعة النصفية القاتلة على الفئران تبلغ ضعفي الجرعة النصفية القاتلة LD_{50} لسم AFB1. كما وجد انه يسبب تشوه وانحراف في الكروموسومات.

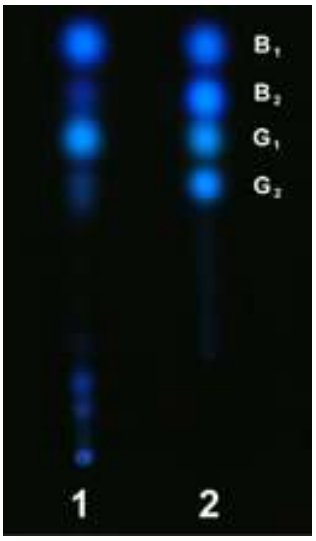


البناء التركيبي لسم الافلاتوكسين G1 (AFG1).

سم الافلاتوكسين G2 (AFG2) التركيب الكيميائي للسم $C_{17}H_{14}O_7$, والوزن الجزيئي 330.29 دالتون, درجة انصهار المركب 237–240 م°, عرف تركيبه الكيمياوي عام 1963 وهو مركب بلوري ابيض اللون مائل للصفرة في حالته النقية. ذو تألق أخضر اللون (Green) تحت الاشعة فوق البنفسجية, ومنها جائت تسمية السم G, والرقم 2 من موقع بقعة السم AFG2 على شريحة الكروماتوكرافي الرقيقة, اذ تظهر تحت بقعة السم AFG1. لايذوب السم بالماء لكنه يذوب في الايثانول والميثانول. ويعتبر اقل سمية من AFG1. الجرعة النصفية القاتلة LD_{50} لافراخ البط 2.5 ملغم/كغم, كما اظهرت الدراسات ان 16 ملغم/كغم من السم قد سببت تحول خلايا كبد الانسان الى خلايا سرطانية. ينتج السم بشكل رئيسي من قبل النوع *A.parasiticus* بالاضافة الى *A.nomius* و*A.flavus*, وله تأثيرات مسرطنة ومطفرة للحامض النووي, كما يمكن ان يمتص عن طريق الجلد اذا حدث تلامس مباشر مع السم, كما يسبب اعراض جانبية اذا اخذ عن طريق الفم كالاسهال والقيء والم البطن ونزيف.



أ

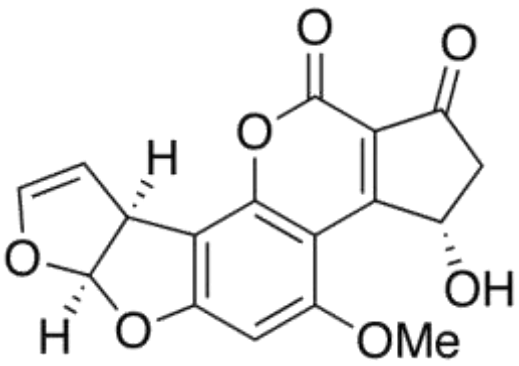


ب

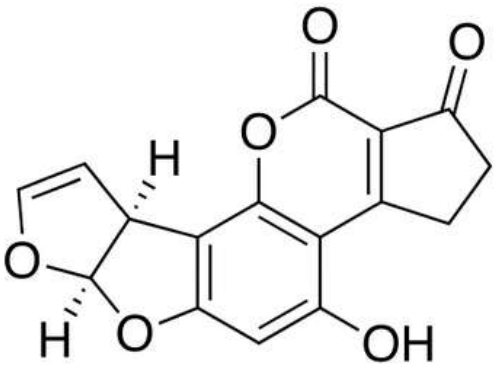
أ- البناء التركيبي للسم افلاتوكسين G2 (AFG2). ب- شريحة كروماتوكرافي الطبقة الرقيقة تحت اشعة الفوق بنفسجية تظهر فيها تألق سموم الافلاتوكسين الأربعة B1 وB2 وG1 وG2.

السموم المتأيضة عن سموم الافلاتوكسين

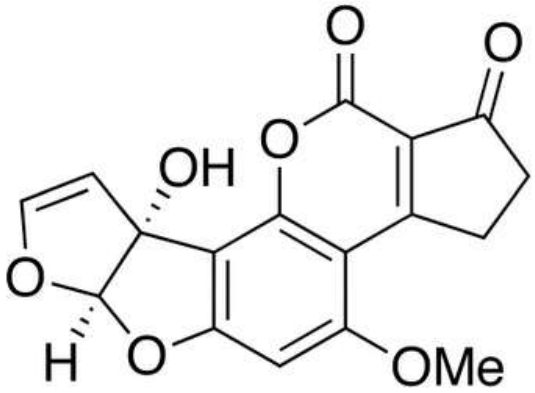
يعتبر سم AFB1 من السموم الملوثة للعديد من المنتجات الزراعية كالذرة الصفراء وفستق الحقل والحبوب الصغيرة والمكسرات بأنواعها والحليب والجبن واللحوم وعصائر الفواكه وغيرها. يتأيض سم AFB1 في اللبائن وخصوصا الكبد الى عدة مركبات سامة وهي AFB1-epoxid او إضافة مجموعة هيدروكسيلية, حيث يتحول الى AFM1 وAFP1 و AFQ1وaflatoxicol وهي سموم متأيضه من السم AFB1 في الكبد. او قد يتحول سم الـــ AFB1 في الكبد بفعل انزيمات الـــ glutathione S-transferase (GST) و-β glucuronidase اوsulfate transferase الذي ينتج عنها AFB1-glutathione وAFB1-glucuronide و AFB1-sulfate. سم افلاتوكسين Q1 (AFQ1) التركيب الكيمياوي $C_{17}H_{12}O_7$, الوزن الجزيئي 328.27 دالتون, وسم الافلاتوكسين P1 (AFP1) التركيب الكيمياوي $C_{16}H_{10}O_6$, الوزن الجزيئي 298.25 دالتون, الجرعة النصفية القاتلة للارانب 3200 ملغم/كغم. سم افلاتوكسين P2 (AFP2) التركيب الكيميائي $C_{16}H_{12}O_6$, الوزن الجزيئي 300.26 دالتون, و الجرعة النصفية القاتلة للجرذان 980 ملغم/كغم. سم الافلاتوكسين M1 (AFM1) التركيب الكيمياوي $C_{17}H_{12}O_7$, الوزن الجزيئي 328.27 دالتون, الجرعة النصفية القاتلة للفئران 300 ملغم/كغم. سم افلاتوكسين M2 (AFM2) $C_{17}H_{14}O_7$, الوزن الجزيئي 330.29 دالتون, الجرعة النصفية القاتلة للجرذان 980 ملغم/كغم. وسم افلاتوكسيكول Aflatoxicol (AFL) التركيب الكيمياوي $C_{17}H_{14}O_6$, الوزن الجزيئي 314 دالتون. اشارت الدراسات ان سم AFM1 يعمل تثبيط عملية تبادل الاوكسجين مع خلايا الانسجة من خلال تاثيره في عمليات سلسلة النقل الالكتروني.



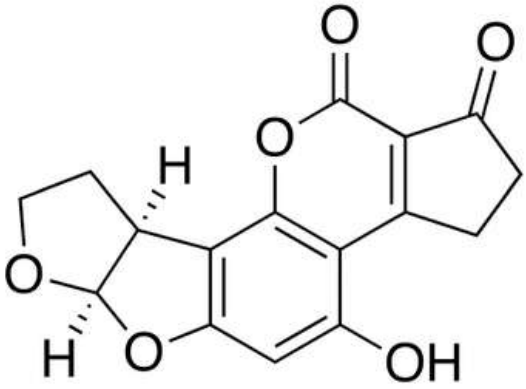
AFP1



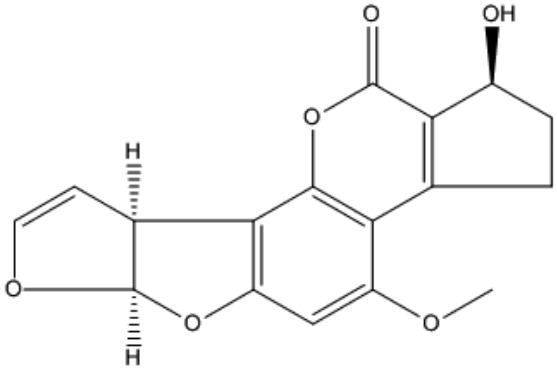
AFQ1



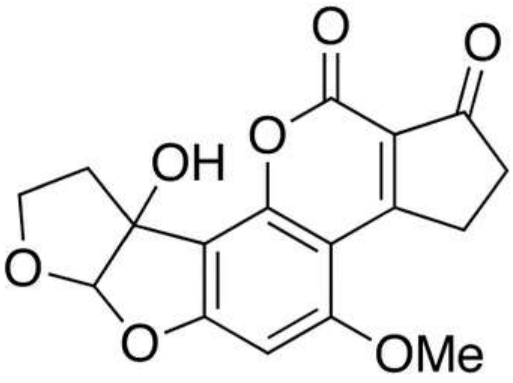
AFP2



AFM1

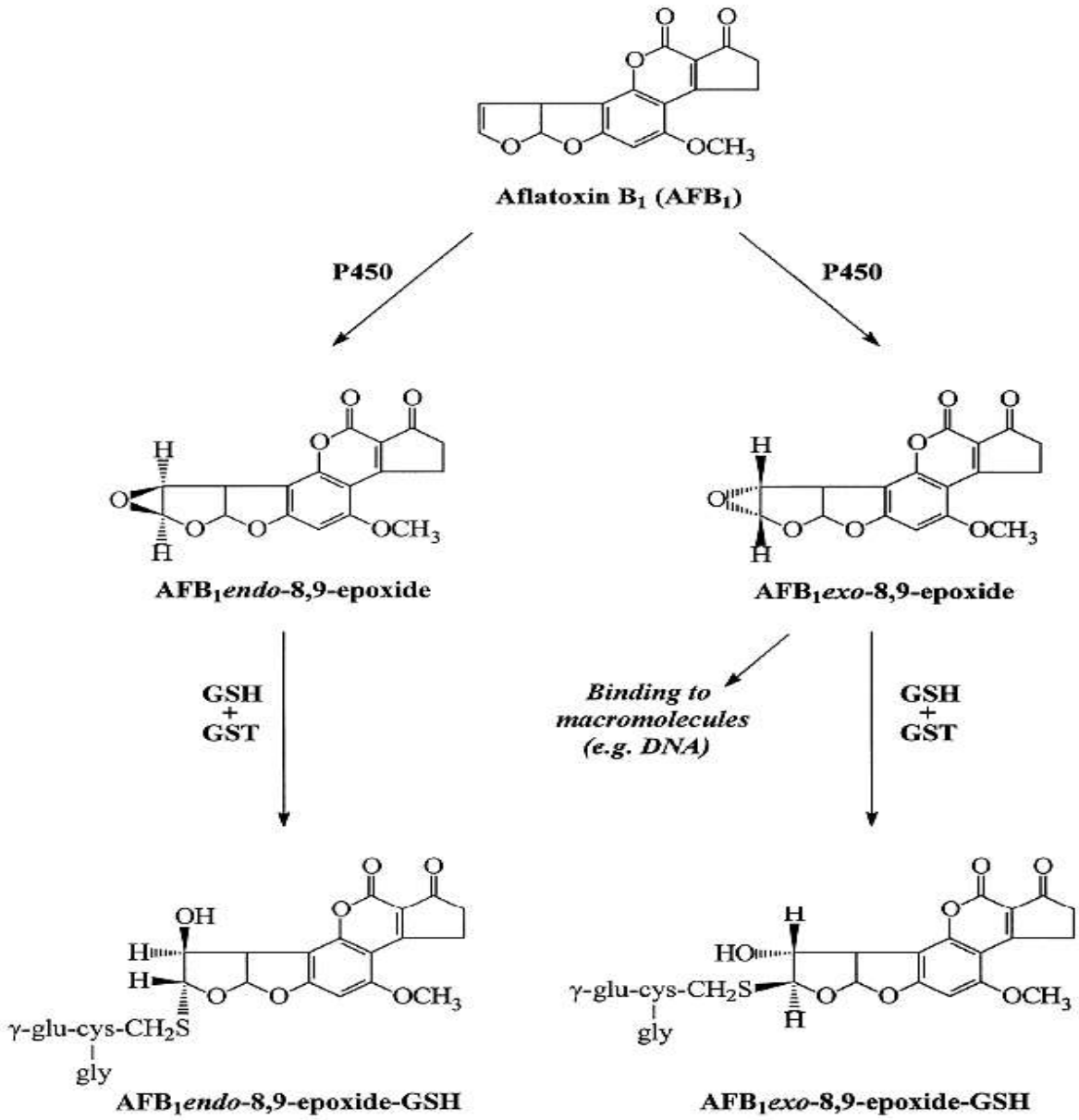


Aflatoxicol

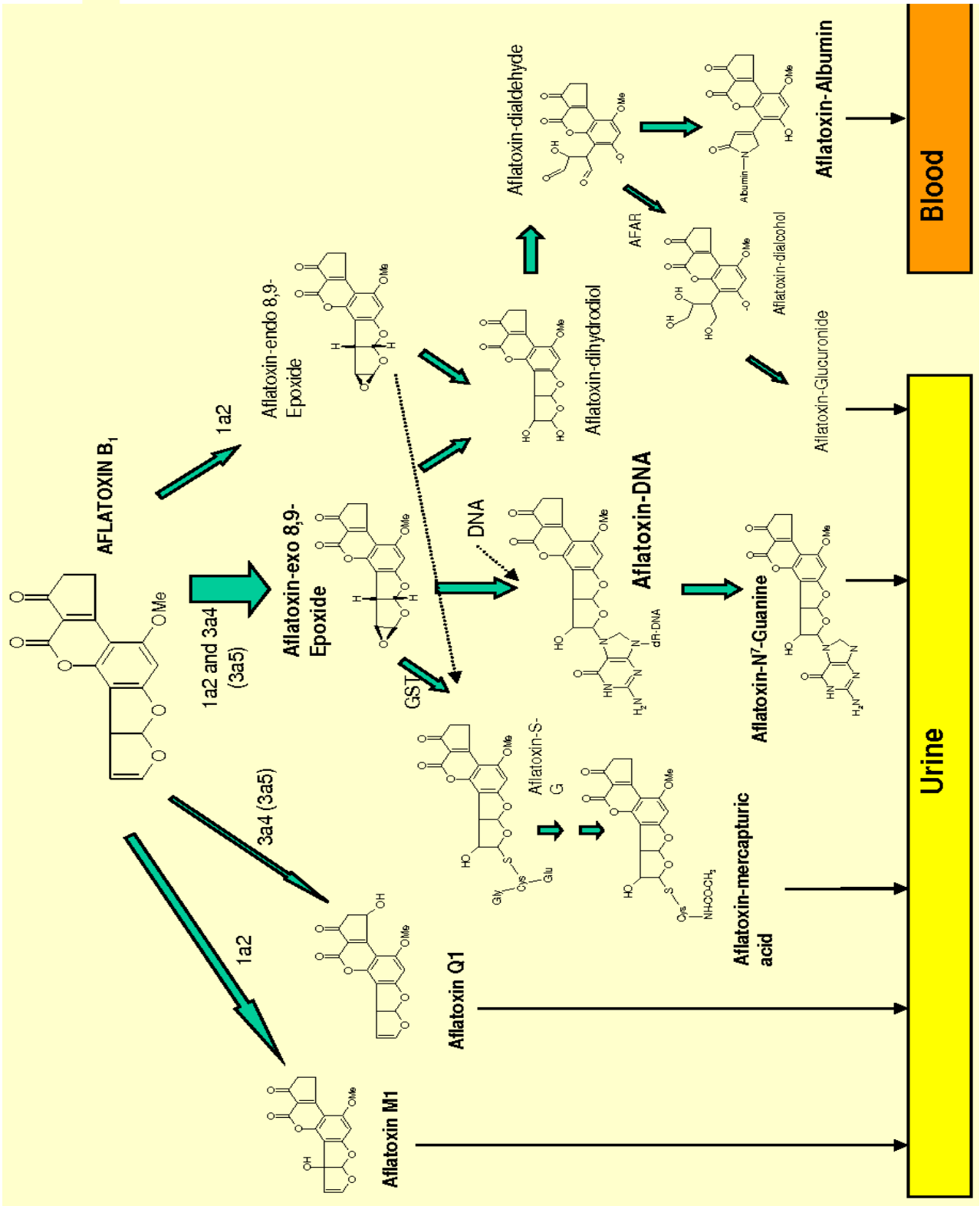


AFM2

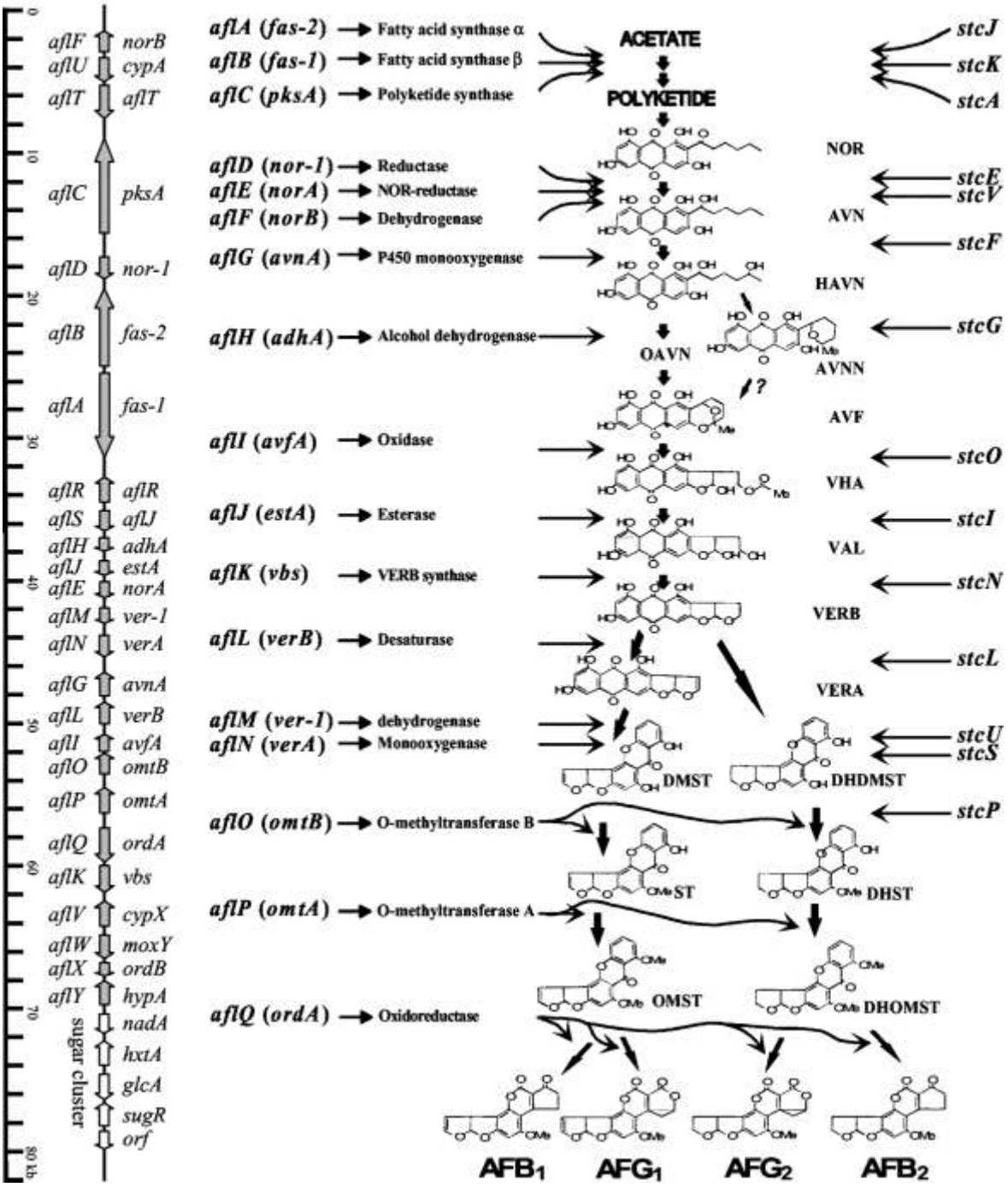
البناء التركيبي لسموم الافلاتوكسين المتأيضة داخل جسم الانسان.



مخطط تحول سم الافلاتوكسين B1(AFB1) الى مركبات تتحد مع الأنزيمات او الحامض النووي ويعطل عمله.



مخطط تايض سم الافلاتوكسين B1 (AFB1) داخل جسم اللبائن وتحوله الى مركبات سامة اخرى



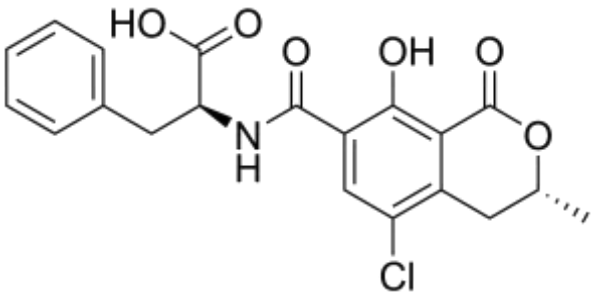
الجينات المسؤولة عن مسارات انتاج الافلاتوكسين في جينوم الفطر *Aspergillus* spp.

A- **الجين.** B- **المركبات التي يعبر عنها الجين** (Jiujiang *et al.*,2004).

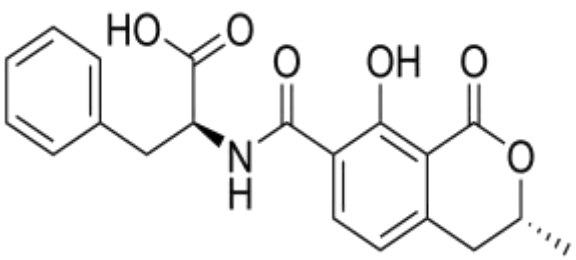
سم الاوكراتوكسين Ochratoxin ينتج هذا السم من قبل عدة انواع تابعة للجنس Aspergillus اهمها *A.ochraceus* وهو الرئيسي في إنتاج هذا السم والانواع *A.niger* و*A.carbonarius* *A.acanthosporus* و*A.albertensis* و*A.alliaceus* و *A. auricomus* و *A.carbonarius* و *A.ochraceopetaliformis* و*A.ochraceus* و *A.sclerotiorum* و *A.sulphureus* و*A.wentii* وبعض انواع التابعة للجنس Penicillium منها *P.verrucosum* و *P.carbonarius* و *P.commune* و *P.aurantiogriseum*. هناك ثلاثة أنواع من سموم الاوكراتوكسين هي النوع A وB وC والسمين الاخيرين هما الاقل اهمية. يتواجد السم في محاصيل الحبوب والقهوة والفواكه المجففة وعصير الفواكه. يعتبر السم من السموم المسرطنة من الدرجة الثانية (Group 2) ويعتبر ذو فعل تطفيري ضعيف, كما يمكن ان يتراكم في لحوم الحيوانات التي تتغذى على اعلاف ملوثة بالسم, وتأثيره الرئيسي في اللبائن هو على الكلية. كما له تأثير كبير على خلايا الدماغ وخاصة المخيخ, كما تشير الدراسات انه يمكن ان يكون لهذا السم علاقة وثيقة مع مرض الزهايمر والباركنسون (الشلل الرعاشي) في الانسان. كما للسم تأثير في اضعاف الجهاز المناعي وكبحة, حيث يؤثر في الأعضاء المسؤولة عن نشاط الجهاز المناعي كالطحال والغدة الزعترية (Thymus) والعقد اللمفاوية, حيث يحدد حجمها, كما يعمل السم على تقليص عدد الخلايا اللمفاوية وأدائها, كما يقلل إنتاج هرمون السايتوكاين المسؤول عن تحفيز انتاج الانترفيرون والانترلوكين المسؤولان عن اعطاء الجسم مناعة ضد العديد من الممرضات المايكروبية. كما يمكن للسم ان يمتص عبر الجلد عن حدوث تلامس مباشر مع السم, كما يمكن ان يتواجد السم في الحليب. تأثير السم في الكلية يعمل على تدهور وضائف النبيبات الكلوية, حيث يسبب زيادة طرح ملح الـــ NaCl مقارنة بأيوني البوتاسيوم K^+و أيون H^+ . كما ان التعرض المزمن للسم يؤدي الى قلة تدفق الدم الى الكلية وبالتالي قلة ترشيح الفضلات من الدم. ان الاضرار بالنبيبات الكلوية يؤدي الى اعراض البول السكري والزلالي في الانسان, وكذلك الموت المبرمج للخلايا نتيجة تأثير السم في تحطيم الحامض النووي.

حيث اشارت الدراسات على الحيوانات المختبرية ان 200 ميكغم/كغم من سم الاوكراتوكسين يسبب فشل كلوي في حالات التسمم المزمن.

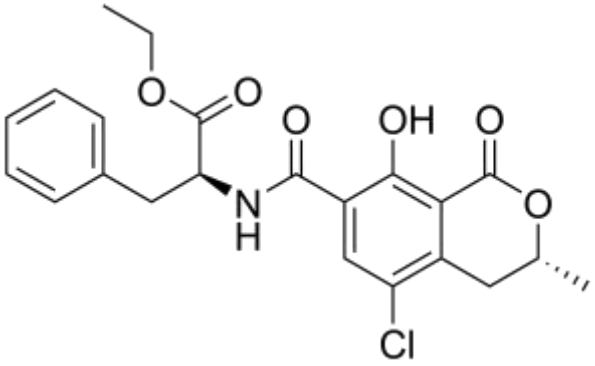
سم الاوكراتوكسين A (OTA) التركيب الكيميائي الجزيئي $C_{20}H_{18}ClNO_6$, الوزن الجزيئي 403.8 دالتون, درجة حرارة انصهار السم 105–110 م°, الجرعة النصفية القاتلة LD_{50} 30.3 ملغم/كغم في الجرذان. سم الاوكراتوكسين B (OTB) التركيب الكيميائي $C_{20}H_{19}NO_6$, الوزن الجزيئي 369.37 دالتون. سم الاوكراتوكسين C (OTC) التركيب الكيميائي $C_{22}H_{22}ClNO_6$, الوزن الجزيئي 431.87 دالتون, تتألق سموم الاوكراتوكسين على شرائح الكروماتوكرافي الرقيقة بلون أزرق, يذوب السم في الايثانول والميثانول والكلوروفورم وقليل الذوبان بالماء.



اوكراتوكسين A (OTA)

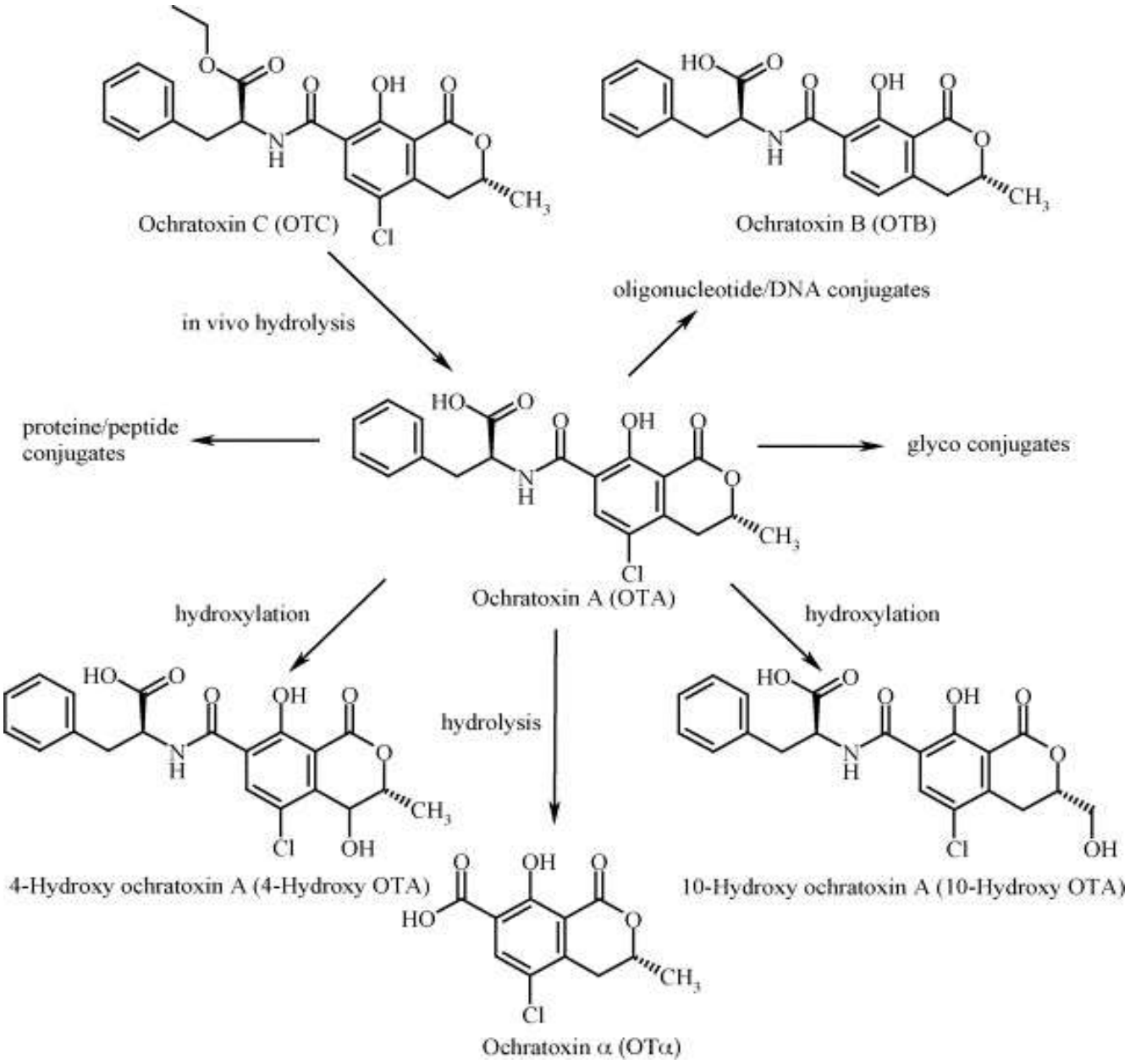


اوكراتوكسين B (OTB)



اوكراتوكسين C (OTC)

البناء التركيبي لسموم الاوكراتوكسين.



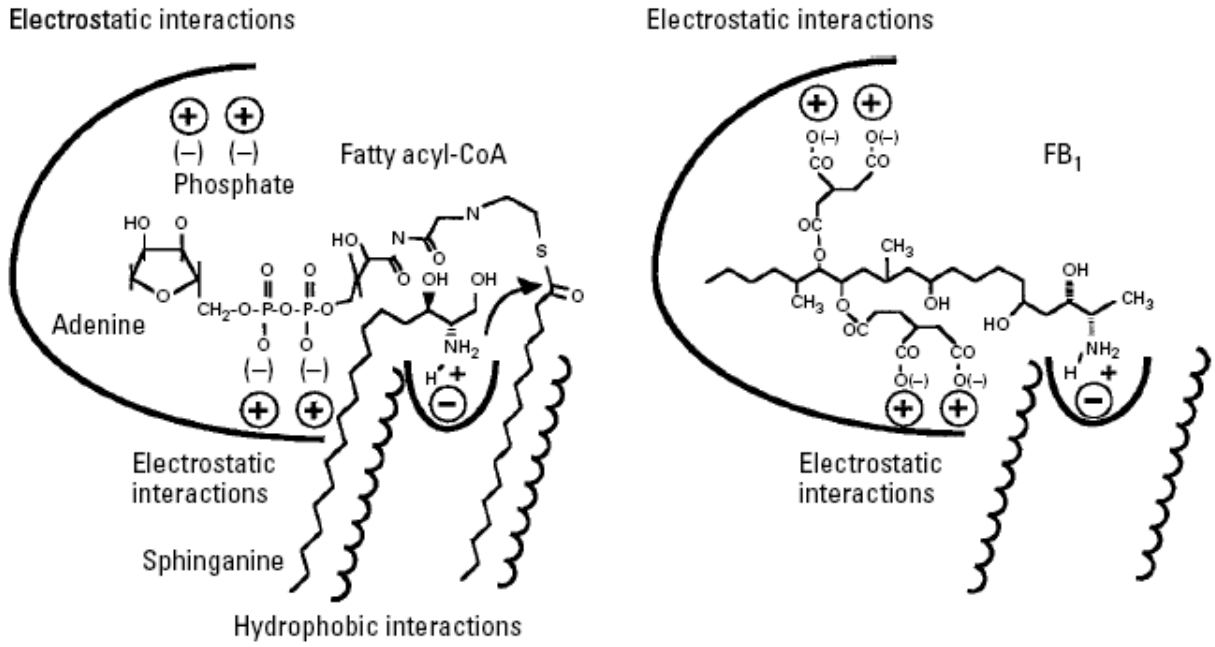
تأييض سم الاوكراتوكسين A (OTA) داخل النظام الخلوي للبائن وتحوله الى مركبات سامة.

سموم الفيومونوزينات Fumonisin تنتج هذه السموم من قبل الفطريات التابعة لبعض انواع الجنس Fusarium ومنه النوع *F.verticillioides* وهو الفطر الرئيسي في انتاج السم, والانواع *F.dlamini ,F.anthophilum, F.nygamai ,F.proliferatum, F.napiforme*. كما ذكرت المصادر ان هناك نوع تابع للجنس Alternaria له القابلية على انتاج سم الـــ FB1 وهو الفطر *A. alternat* f.sp lycopersici. يؤثر السم على الاعضاء الداخلية وخصوصا الكبد والكلية. عرف السم عام 1970 عندما حدثت في جنوب افريقيا حالة وبائية لمرض Leukoenchephalomalacia (ELEM) في الخيول عندما غذيت على حبوب الذرة الصفراء مصابة بالفطر *F. verticillioides*. كما ذكرت العديد من الدراسات اجريت على سكان مناطق جنوب افريقيا الذي يعتبر محصول الذرة الصفراء هو الغذاء الرئيس, وعلاقت ذلك بمرض سرطان المريء, وذلك لان حبوب الذرة الصفراء تصاب بالفطر *F. verticillioides* بشكل كبير مما يسبب زيادة احتمالية التلوث بسموم الفيومونوزين. كما يسبب السم مشاكل مرضية في الجهاز التنفسي, اذ سجلت حالات مرضية في الخنازير المتغذية على عليقة ملوثة بالسم. كما وجد ان السم يتركز عشرة اضعافه في الكلية اكثر مما هو علية في الكبد لحيوانات الاختبار. عام 1995 حدثت حالة وبائية اخرى في الهند, تمثلت بأعراض اسهال وألالم في الجسم نتيجة التغذي على حبوب الذرة الصفراء والبيضاء الملوثة بتراكيز عالية من سم الفيومونوزين. التركيب الكيميائي لسم الـــ Fumonisins يشابه تركيب انزيمات تصنيع السفينكوزين sphingosine-sphinganin-transferases لذلك تعمل على منع تمثيل sphingosine وكذلك يثبط تمثيل الـــ Ceramides وهو معقد من sphingosine والاحماض الدهنية ويتواجد في الغشاء الخلوي. ميكانزم التأثير السام لسموم الفيومونوزين هو ان التركيب الكيمياوي للسم مشابه لقواعد الـــ sphinganine وهذا يؤدي الى تداخل السم واحتلاله لمركب الـــ sphinganine و fatty acyl-CoA في تمثيل الـــ ceramide, وهذا يلعب دورا مهما في ان الجزء الاميني من سم الفيومونوزين يحتل مواقع الـــ sphinganine في الانزيم N-palmitoyl-AP1, يثبط تمثيل

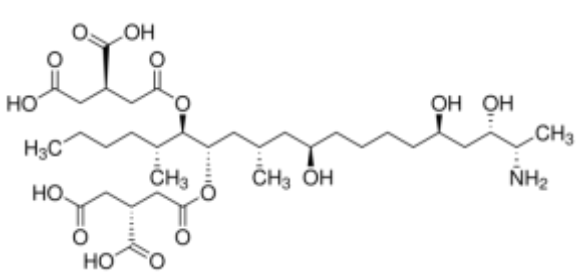
الــ ceramide مما يعطي التأثير السام للفيومونوزين. تصنف سموم الفيومونوزين من مجموعة B2 كمسبب للسرطان.

توجد ثلاثة انواع من سموم الفيومونوزين وهي سم FB1 التركيب الكيميائي $C_{34}H_{59}NO_{15}$, الوزن الجزيئي 721.8 دالتون, عزل السم لاول مره عام 1988. وسم FB2 التركيب الكيميائي $C_{34}H_{59}NO_{14}$, الوزن الجزيئي 705.8 دالتون, سم FB3 التركيب الكيميائي $C_{34}H_{59}NO_{14}$, الوزن الجزيئي 705.83 دالتون. تذوب سموم الفيومونوزين في المذيبات القطبية كالميثانول والاسيتونايتريل.

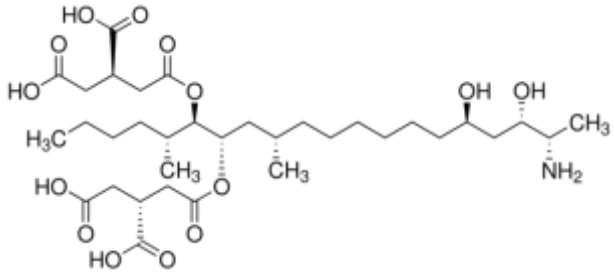
ان لسموم الفيومونوزينات تأثير سام على الخلايا النباتية (Phytotoxic), حيث اشارت العديد من الدراسات انه يسبب أضرار في أغشية الخلايا وخلايا الميزوفيل, كما يؤثر في تمثيل الــ sphingolipids في خلايا النبات, ويختزل النمو الخضري والجذري والوزن الجاف للنباتات المتعرضة للسم, وقد يكون لهذه التأثيرات علاقة وطيدة بين الانتاج العالي لسموم الفيومونوزين من قبل الفطر والأمراضية و شراسته على النبات المصاب.



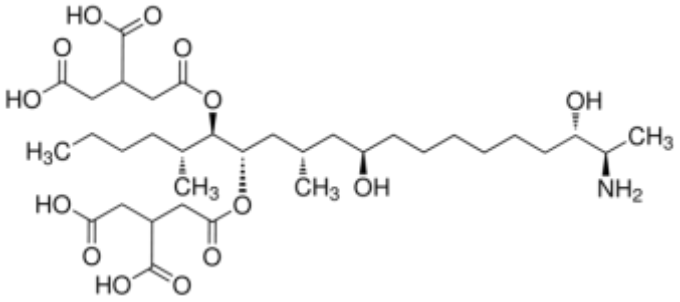
مخطط ميكانزم التأثير السام لسم الفيومونوزين داخل النظام الخلوي.



سم AB2

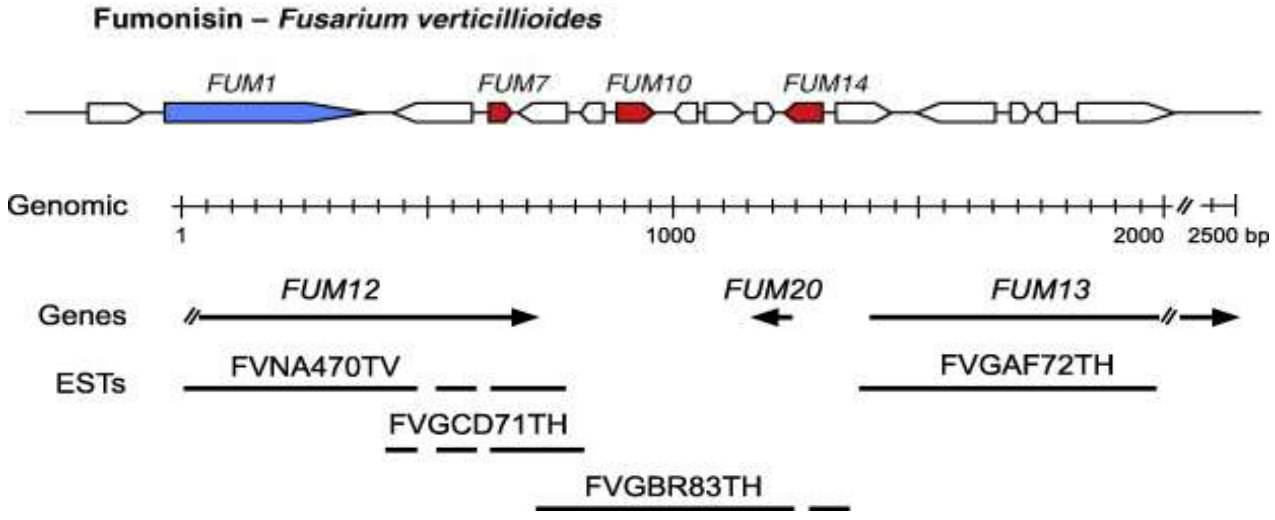


سم FB1



سم FB3

البناء التركيبي لسموم الفيومونوزينات.



الجينوم الخلوي المسؤول عن انتاج سموم الفيومونوزينات في الفطر *F. verticillioides*.

سموم الترايكوثسينات Trichothecenes Toxin هي مجموعة سموم تنتج من قبل العديد من اجناس الفطريات Fusarium و Trichoderma وMyrothecium وStachybotrys وTrichothecium وCephalosporium وVerticimonosporium. وتعد اكبر مجموعة مركبات سامة تعود لهذه المجموعة, وتزيد على ما يربو عن 200 مركب. تتميز سموم الترايكوثسينات في تركيبها الكيمياوي بوجود آصرة مزدوجة بين ذرتي الكاربون التاسعة والعاشرة وحلقة ايبوكسي بين ذرتي كاربون 12 و13, وتعتبر حلقة الايبوكسي هي الجزء الفعال لاعطاء مركبات الترايكوثسينات الفعل السام. تعد هذه السموم من المثبطات القوية لتصنيع وتمثيل البروتينات, اذ يرتبط مع مكونات الرايبوسومات. يرتبط السم بآصرة ببتيدية مع ناقلات الببتيدات في وحدات رايبوسومات الـــ 60S وبالتالي يمنع تصنيع السلسة الببتيدية لتكوين جزيئة البروتين, كما ان السم يمنع تصنيع البروتينات الخاصة بالمايتوكوندريا حيث يرتبط مع مجموعة بروتينات الـــ sulfhydryl. كما ان لسموم الترايكوثسينات تأثير كبير وفعالية عالية للامتصاص من قبل الجلد مقارنتا بالسموم الاخرى, فعند التعرض لهذه السموم سواء عن طريق الجلد او الابتلاع سوف يؤدي ذلك الى تهيج الجلد والنسيج الطلائي المخاطي المعوي, كما له المقدرة على الاتحاد مع المكونات الخلوية. سجلت حالات تسمم لاول مرة عام 1900 في الاتحاد السوفيتي حيث توفي 100.000 شخص نتيجة تناول حبوب مصابة بالفطر *Fusarium* spp والملوثة بتراكيز عالية من سم T2-Toxin سبب اعراض مرضية اطلق عليهاAlimentary Toxic Aleukia (ATA) وهو قله كريات الدم البيضاء في الجسم. كما حدثت حاله تسمم اخرى في اليابان نتيجة تناول حبوب فاصولياء ملوثة بسموم الترايكوثسين. تعد سموم الـــ DON وT2-Toxin و Diacetoxyscirpenol من بين السموم التي استخدمت كأسلحة بايلوجية او ما اطلق علية المطر الاصفر الذي استخدمه الاتحاد السوفيتي في فيتنام ولاوس وافغانستان. تتميز سموم الترايكوثسينات بانها سهلة الامتصاص عن طريق الجهاز الهضمي او عن طريق الجلد لذا يكون تأثيرها السام شديد, وتتمثل اعراض التسمم بسموم الترايكوثسينات برفض الغذاء والتقيوء والأسهال وفقدان الوزن واضطرابات عصبية وأضرار بالأوعية الدموية والقلب وتثبيط الجهاز المناعي واحتقان الجلد وضعف

الاخصاب وأضرار في نخاع العظم. كما تعد سموم الترايكوثسين من المركبات السامة للخلايا النباتية Phytotoxic, حيث تسبب اعراض شحوب وفقدان الكلوروفيل وتثبيط نمو الجذور واستطالتها وتقزم النبات, اذ يرتبط انتاج السم ارتباط معنوي مع فوعة الفطريات المنتجة لهذه السموم والامراض التي تسببها على النبات كما هو الحال في امراض لفحة سنابل والتعفن التاجي في القمح.

تعتبر مجموعة سموم الترايكوثسين A عالية الذوبان في المذيبات مثل الأثيل استيت والاسيتون والكلوروفورم ومثلين كلورايد. اما سموم الترايكوثسين مجموعة B تذوب في الميثانول والايثانول والاسيتونايتريل.

تقسم سموم الترايكوثسينات الى أربع مجاميع رئيسة, وحسب وجود او عدم وجود جزء فعال مرتبط بذرة الكاربون رقم 8 (C8):

مجموعة سموم الترايكوثسين A تعتبر هذه المجموعة الاكثر سمية وتتميز بعدم وجود طرف هايدروكسيلي على ذره الكاربون رقم 8 كما وهو الحال في سم Neosolaniol, او طرف أستر كما هو الحال في سم T2-toxin, او عدم وجود طرف فعال كما هو الحال في سموم Trichodermin و 4,15-diacetoxyscirpenol و Harzianum A.

مجموعة سموم الترايكوثسين B وتعتبر اقل سمية من المجموعة الاولى, تتميز بوجود ذرة الكاربون على رقم 8 مجموعة كاربوكسيل مثل سموم الـــ Nivalenol و Deoxynivalenol و Trichothecin. كما ان هذه المجموعة تملك طرف هيدروكسيلي على ذرة الكاربون رقم 7 لكن لحد الان لم تصنف ضمن مجموعة اخرى.

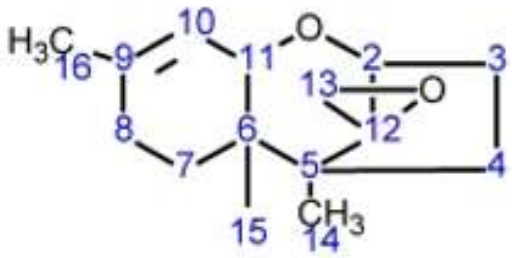
مجموعة سموم الترايكوثسين C تمتلك مجموعة ايبوكسي بين ذرة الكاربون رقم 7 و 8 مثل سم الـــ Crotocin.

مجموعة سموم الترايكوثسين D تملك مجموعة ايبوكسي اضافية على ذرتي الكاربون رقم 4 و15 مثل سم Roridin A و Verrucarin A و Satratoxin H .

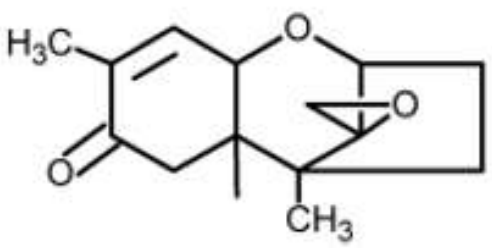
الجرعة النصفية القاتلة LD_{50} لبعض انواع سموم الترايكوثسين على الفئران في المختبر.

Trichothecene	LD_{50} (mg/kg bw)
Deoxynivalenol	70
Diacetoxyscirpenol	23
Neosolaniol	14.5
HT-2 toxin	9.0
T-2 toxin	5.2
Nivalenol	4.1
Verrucarin A	0.5

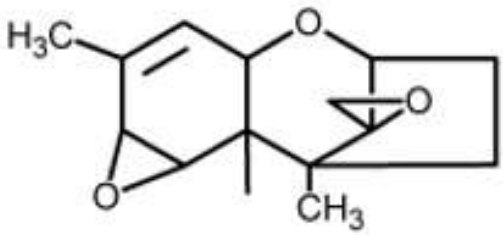
Type A



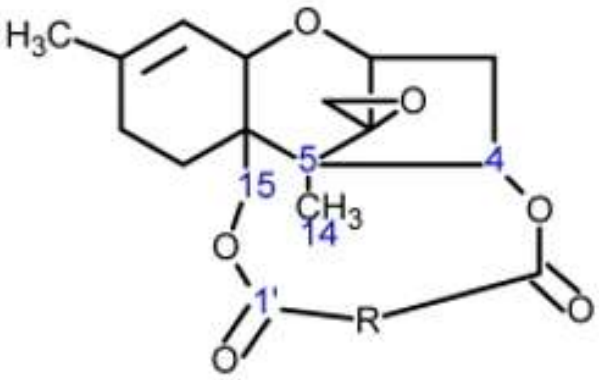
Type B

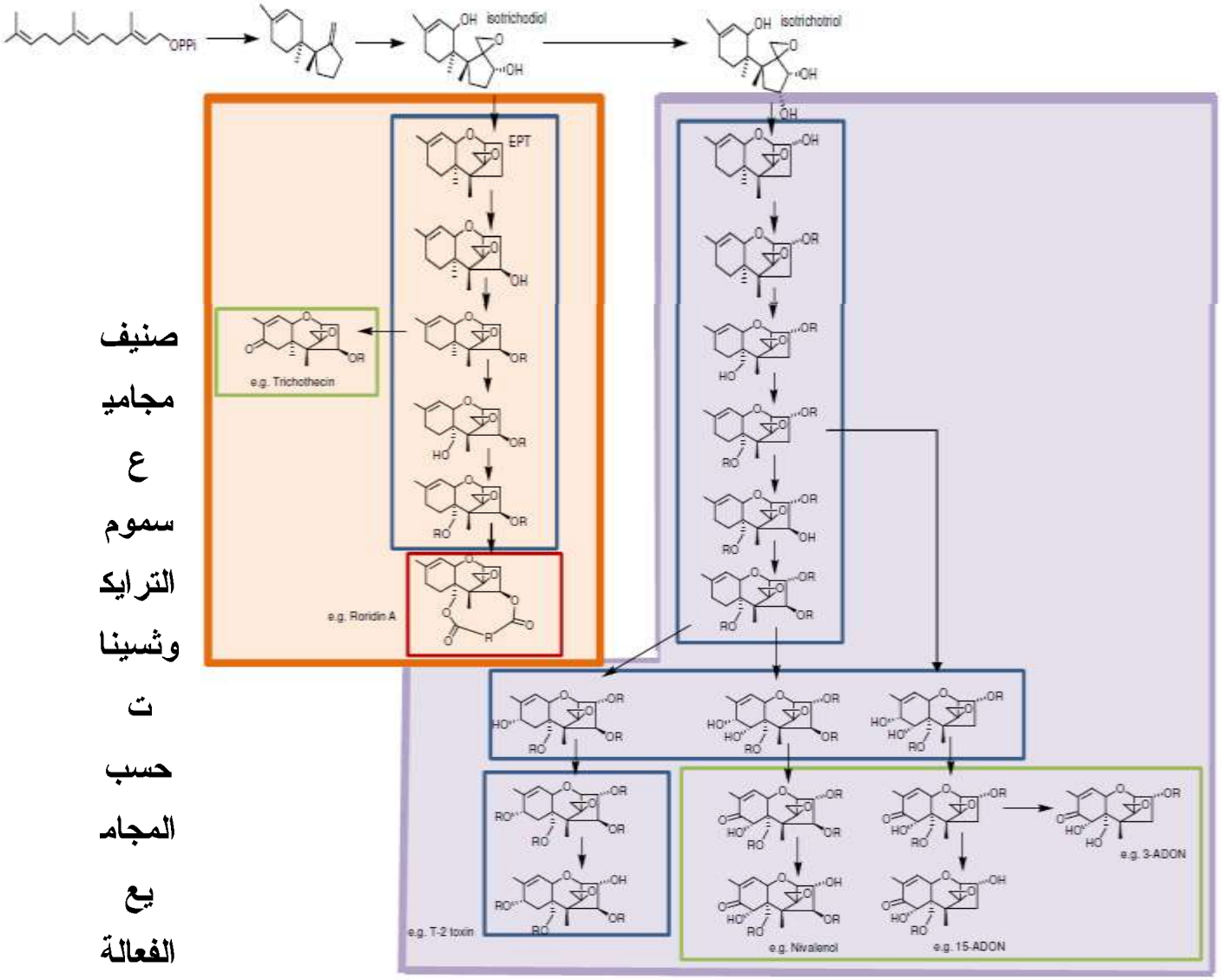


Type C



Type D





صنيف مجاميع سموم الترايكوثسينات حسب المجاميع الفعالة وحلقات الايبوكسي.

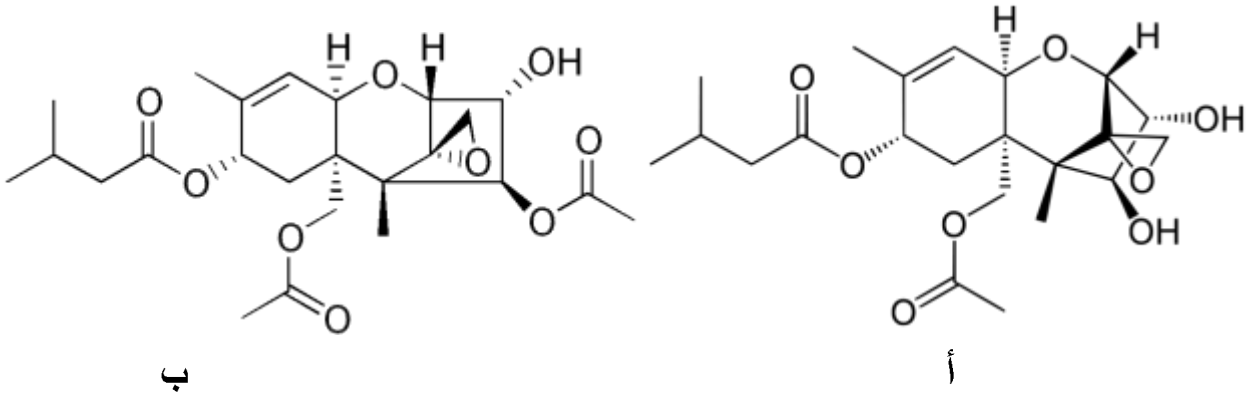
مسارات تصنيع مجاميع سموم الترايكوثسينات. المربع الازرق سموم الترايكوثسينات مجموعة A, المربع الاخضر سموم الترايكوثسينات مجموعة B, المربع الاحمر سموم الترايكوثسينات مجموعةD .

مجموعة سموم الترايكوثسين A

سم الـــ T2-Toxin وHT2-Toxin وهي من المركبات السامة المنتجة طبيعيا بواسطة الفطر Fusarium, عرف السمين تاريخيا بأنه سبب مرض ندرة او نقص كريات الدم البيض في الانسان alimentary toxic aleukia (ATA) في الاتحاد السوفيتي للفترة من 1941-1947 نتيجت تناول حبوب متعفنة مخزونة خلال فترة الشتاء. ينتج السم من قبل الأنواع *F.poae* و*F.acumantum* و*F.sporotrichioides* و*F.tricinctum*, تتواجد هذه الفطريات وسمومها على محاصيل الحبوب كالقمح والذرة الصفراء والشعير والشوفان, إضافة الى اعتبار هذه الفطريات مسببات لامراض النبات. التركيب الكيميائي للسم T2-Toxin هو $C_{24}H_{34}O_9$, الوزن الجزيئي 466.58 دالتون, درجة انصهار المركب 151-152م°, اما سم HT2-Toxin تركيبة الكيميائي هو $C_{22}H_{32}O_8$, والوزن الجزيئي 424.5 دالتون, درجة انصهار المركب 151-152 م°. يذوب السمين في المذيبات العضوية القطبية كالايثانول والاثيل استيت وقليل الذوبان جدا في الماء. يعتبر السمين مستقرين حراريا, ولا يتحطم أثناء عمليات التصنيعية او الطبخ. يؤثر السم في عمليات تصنيع الحامض النووي,

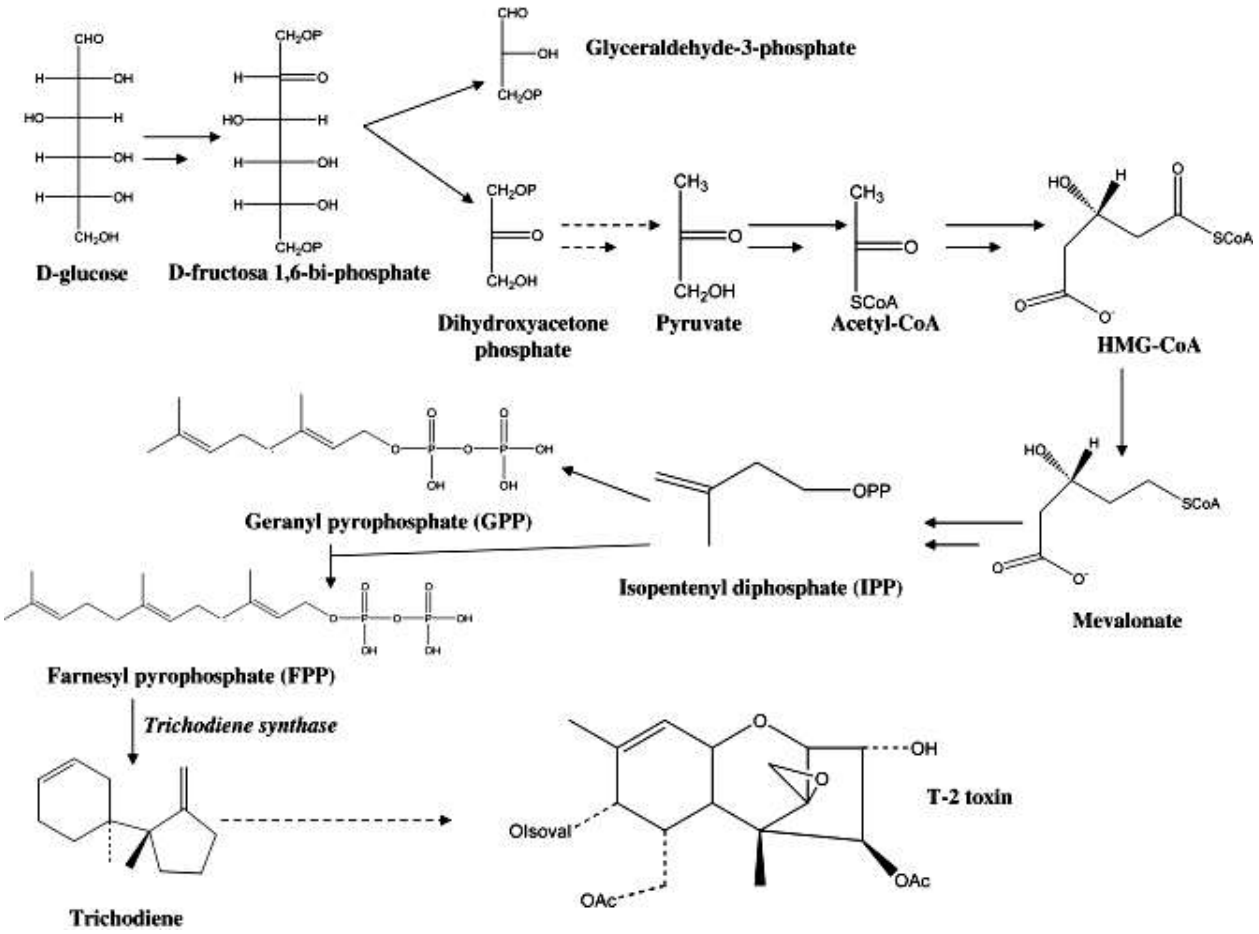
حيث ان استخدام السمين T2-toxin وHT2-toxin 0.75 ملغم/كغم و0.1–1 ميكغم/غم في حيوانات التجارب يعمل على تثبيط الحامض النووي. كما يعد السم من المثبطات القوية لتصنيع البروتينات, اذ يرتبط بشدة مع رايبوسومات 60S كما يثبط فعالية انزيمات الناقلة للبيبتيدات. كما يؤثر السم في نفاذية الاغشية الخلوية من خلال تحولات وتغييرات في الدهون المفسفرة, وتشوه في خلايا الصفيحات الدموية والموت المبرمج لخلايا الجهاز اللمفاوي في الطحال وخلايا نخاع العظم والغدة الزعترية لفئران التجارب المعرضة لـــ 10 ملغم/كغم من سم T2-Toxin, كما انه يثبط تحفيز الجهاز المناعي على تكوين الاجسام مضادة. الجرعة النصفية القاتلة لكلا السمين LD_{50} 5–10 ملغم/كغم من وزن الجسم الحي في الفئران.

التسمم الحاد بسم T2-Toxin يحدث عند تناول غذاء ملوث بتراكيز من 0.06–10 ملغم/كغم وزن الجسم الحي لمعظم الكائنات الحية, تتمثل الاعراض المرضية بفقدان الوزن ورفض الغذاء وتقيوء والتهاب الجلد واسهال ونزف داخلي وتنخر لكل من المعدة وبطانة الامعاء الداخلية والطحال ونخاع العظم. يؤثر السم عند تلامسه مع الجلد مسببا نزف داخل الادمة وتنخر الجلد.



أ ب

البناء التركيبي لسمي أ– HT2-Toxin. ب– T2-Toxin.

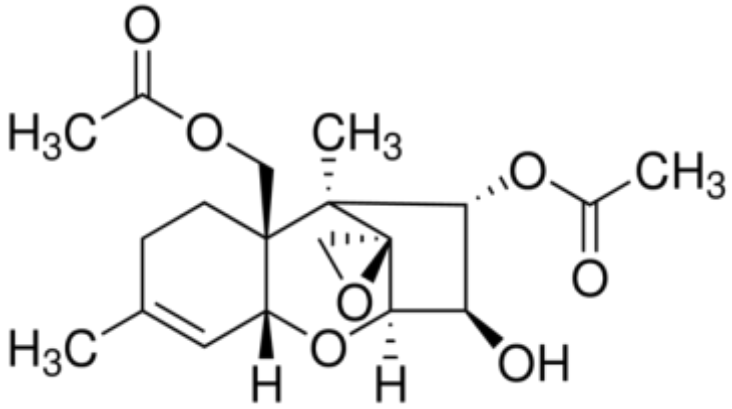


المسار الحيوي لتصنيع سم الـــ T2-toxin **من قبل الفطر** spp *Fusarium*.

سم الـــ Diacetoxyscirpenol (DAS) ينتج السم من قبل انواع الفطر *Fusarium* spp مثل *F.sambucinum* و*F.graminearum* و*F.roseum* و*F.equiseti* و *F. moniliforme*. التركيب الكيميائي $C_{19}H_{26}O_7$, الوزن الجزيئي 366.4 دالتون, درجة إنصهار المركب 160–164 م°. يسبب السم اعراض مرضية على حيوانات التجارب المختبرية, تتضمن الاعراض تنخر في الطحال ونخاع العظم والعقد اللمفاوية والغدة الزعترية وبطانة الجهاز الهضمي اضافة الى تحفيز عملية الموت المبرمج للخلايا الحية. وعند تغذية حيوانات المختبرية لغذاء ملوث بالسم وجدت متبقيات السم في الكبد والكلية والطحال ونخاع العظم. الجرعة النصفية القاتلة للسم LD_{50} عن طريق الفم على لطيور دجاج اللحم 3.82 ملغم/كغم, اما في الجرذان 7.3 ملغم/كغم. السم غير مسرطن او محفز للسرطان, وليس له فعل تطفيري على الحامض النووي, لكنة يسبب اعراض تنخر للجلد عند

حدوث تلامس للسم مع الجلد. كما له تأثيرات على عملية التكاثر, حيث أوضحت الدراسات انه قد سبب موت للأجنة وضعف في الحيامن للذكور وإنخفاض خصوبة إناث الجرذان المغذاة على جرع عالية من سم الـــ DAS. كما يعمل السم على ضعف الجهاز المناعي من خلال تثبيط انتاج الخلايا المناعية المنتجة من الغدة الزعترية T-cell وغدة بورصا B-cell. كما انه مثبتط للتمثيل الحيوي للبروتين ومثبط لاستنساخ الحامض النووي, ميكانزم تثبيط البروتينات ناتج عن ارتباط السم مع كودون AUG الذي بدوره يرتبط مع رايبوسوم 60S ويمنع وصول شيفرة تصنيع البروتين الى الرايبوسوم. اشارت دراسات مختبرية ان للسم تأثيرات مضادة للاورام Antineoplastic.

كما للسم تأثيرات على انسجة الخلايا النباتية اذ يسبب موت للانسجة المعرضة للسم DAS, ويعتقد انه له علاقة وثيقة في شراسة المسببات المرضية الفطرية على النباتات التي تصيبها و كمية السم المنتج.

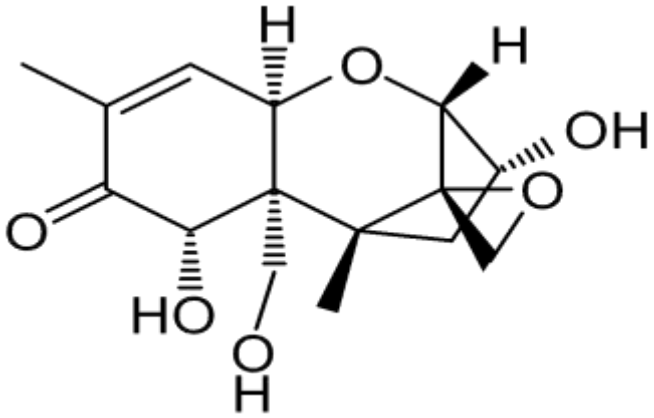


البناء التركيبي لسم الـــ Diacetoxyscirpenol (DAS).

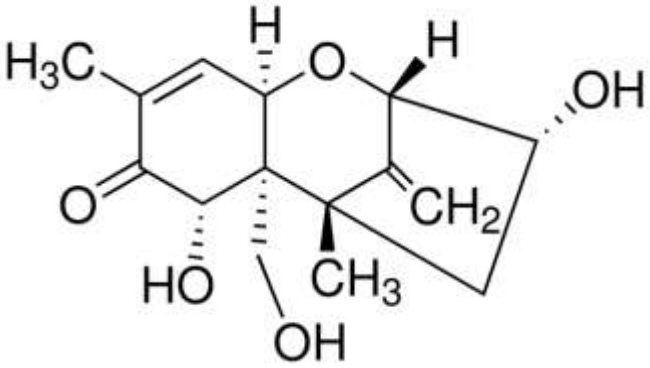
مجموعة سموم الترايكوثسين B

سم Deoxynivalenol (DON) ويطلق علية ايضا (Vomitoxin) السم المقيء, التركيب الكيميائي للسم $C_{15}H_{20}O_6$, الوزن الجزيئي 296.3 دالتون. درجة انصهار المركب 152م°. قليل الذوبان بالماء, ويذوب في الميثانول والاثيل استيت. اكتشف السم ووصف لأول مرة في اليابان عام 1972 ملوثا لمحصول الشعير. ويعتبر السم مستقر حراريا ولا

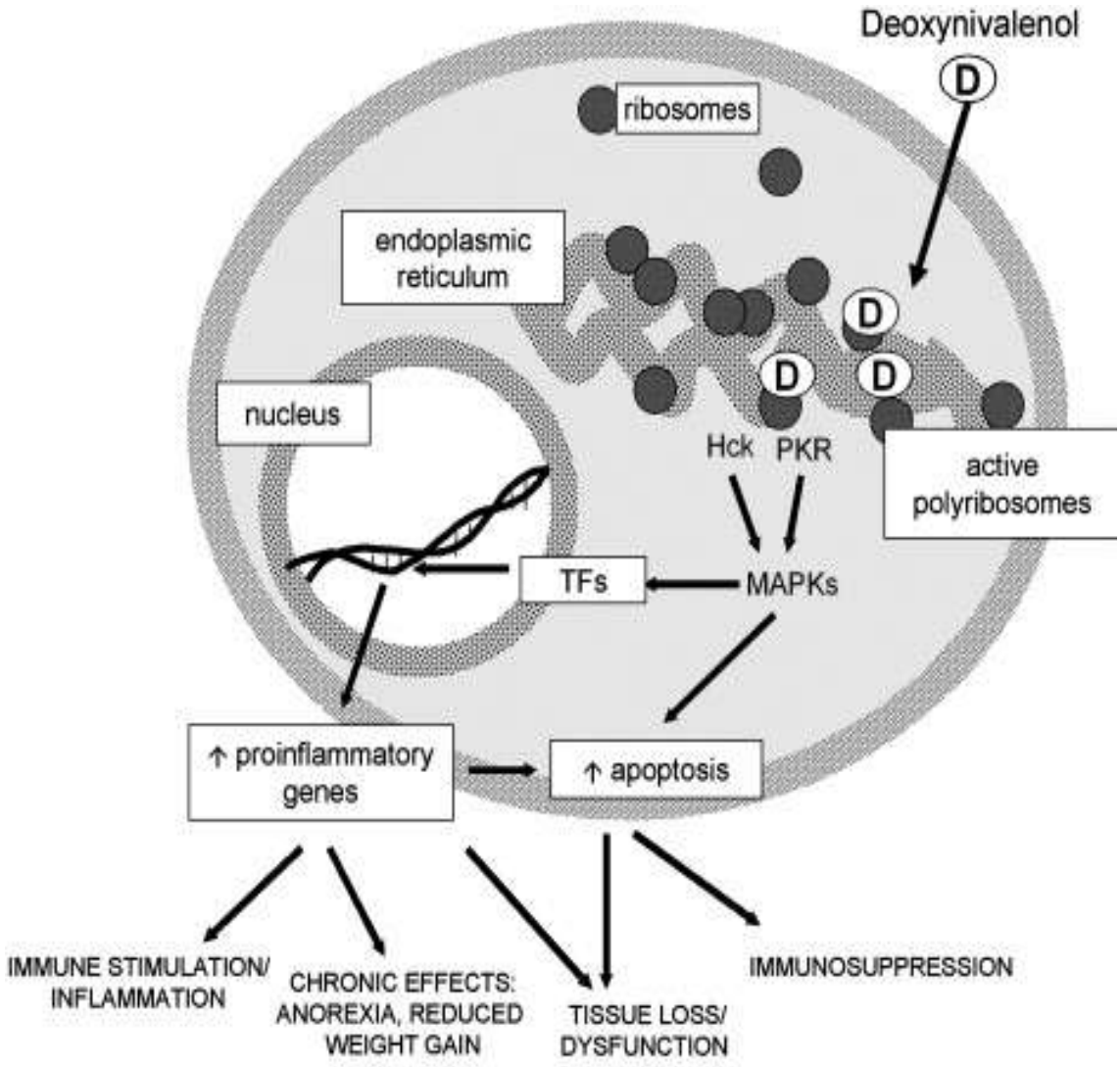
يتاثر بالعمليات التصنيعية للغذاء. ينتج السم بصورة رئيسة من قبل انواع الفطر *F. graminearum* و *F. culmorum*, وهناك انواع اخرى تعتبر منتجات ثانوية للسم مثل *F.poe* و*F.proliferatum* و*F. verticilloides*. اغلب هذه الأنواع هي ممرضة للنبات وتنتج السم اثناء اصابتها النبات في الحقل, وتتطور الاصابة في المخزن على المحصول المصاب مما يزيد من إنتاج وتراكم السم فيه. يتواجد السم في محاصيل الحبوب كالذرة الصفراء والقمح والشوفان والشعير والرز والذره البيضاء, إذ أن هناك علاقة وثيقة بين الامراض التي تسببها هذه الفطريات وتواجد سم الـــ DON. يعتبر المحتوى الرطوبي في الحبوب عامل محدد لأنتاج السم ويقع بين 0.87–0.88 a_w. لا يعتبر سم الـــ DON من المركبات المسرطنة او المحفزة للسرطان, لكن يؤثر سم الـــ DON على الحيوان او الانسان وذلك لأعتباره مثبط قوي لتصنيع البروتينات, إضافة الى تأثيره المباشر في الدماغ من خلال زيادة امتصاصه للحماض الأميني تربتوفان وتأثر فعالية السيروتونين serotonin او مستقبلاتة, وهو المسؤول عن صفة شهية الاكل, وهذا يؤدي الى اضطرابات التغذية وقلة الشهية. كما ان السم يسبب تهيج للجهاز الهضمي مما يحد من استهلاك الغذاء, وهذا يفسر زيادة نسبة الاصابة بقرحة المرىء والمعدة. الحدود المسموح بها لتواجد سم الـــ DON في غذاء الانسان المحدد من قبل منظمة الغذاء والعقاقير الامريكية هو 1 جزء بالمليون, اما بالنسبة لأعلاف الحيوانات وأعلاف الطيور الداجنة 10 جزء بالمليون و2 جزء بالمليون لأبقار الحليب. تنتقل مركبات الأيض الثانوي للسم عبر المنتجات الحيوانية كبيض الدجاج, حيث يتحول سم الـــ DON الى de-epoxy-DON (DOM) في صفار البيض وفي حليب الأبقار عند التغذية على أعلاف ملوثة بسم DON.



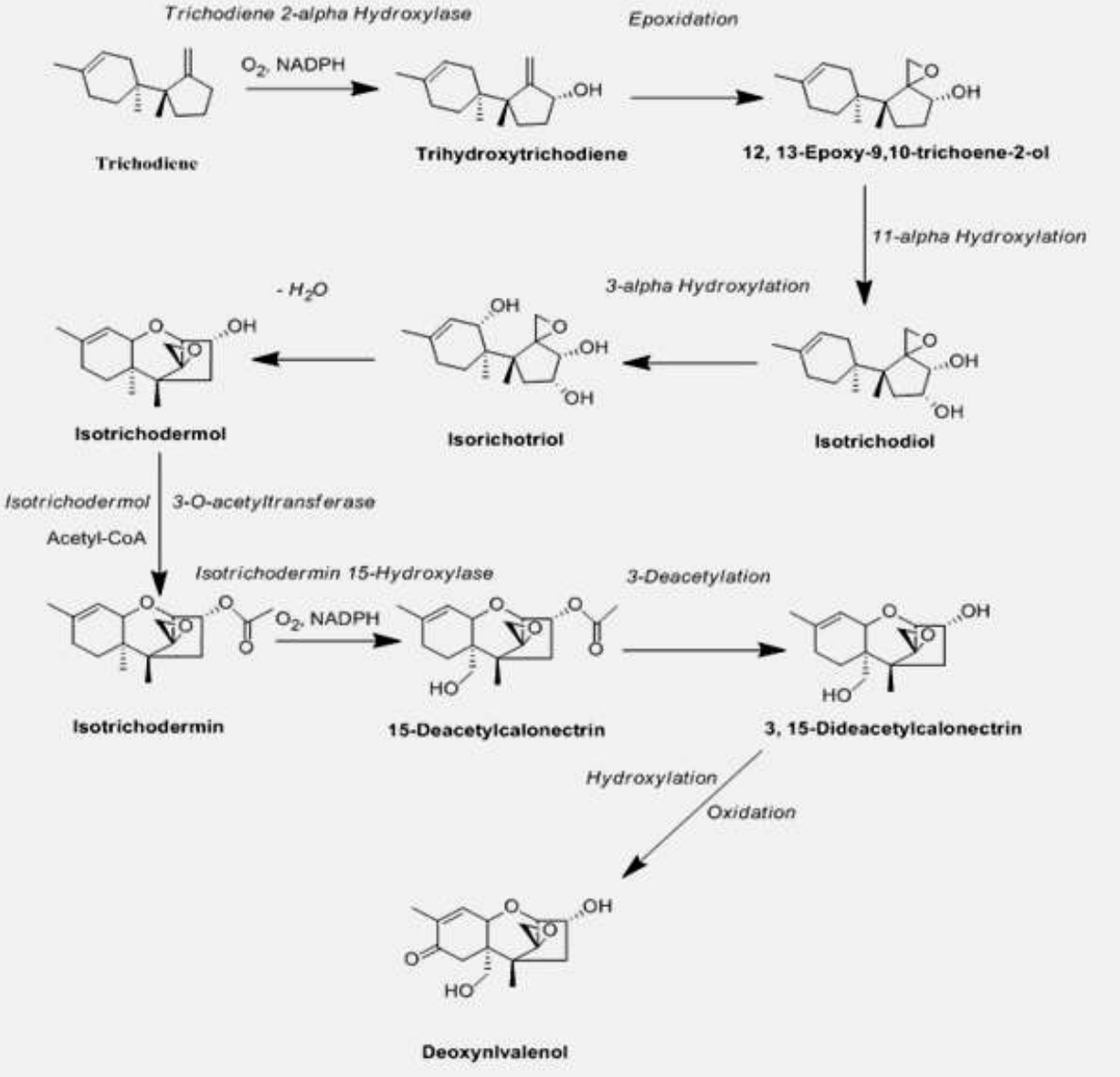
البناء التركيبي لسم الـــ DON.



البناء التركيبي لتتأيض السم DON الى Deepoxy-deoxynivalenol في بيض الدجاج وحليب الأبقار.



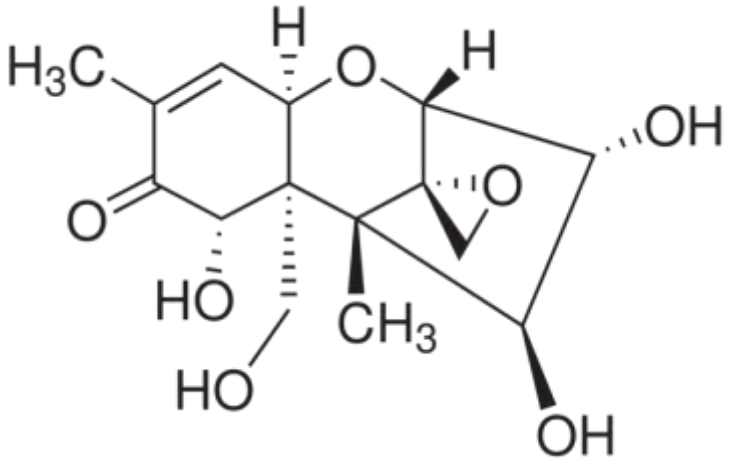
مسارات تأثيرات سم الـــ DON داخل الخلية الحية.



مسارات تصنيع سم الــ Deoxynivalenol .

سم الــ Nivalenol (NIV) تركيبة الكيميائي $C_{15}H_{20}O_7$, الوزن الجزيئي 312.35 دالتون, درجة انصهار المركب 127–130 م°, اطلق على هذا السم بــ Nivalenol وذلك لانه عزل لأول مرة من الفطر *F.nivale* ينتج السم بشكل رئيسي من قبل انواع الفطر(*F.crookwellence*) *F.cerealis* و*F.poa*, هناك انواع اخرى كالــ *F.graminearum* و *F. culmorum*. يتواجد السم في المحاصيل

الزراعية كالقمح والشعير والذرة الصفراء والشوفان, وبما ان السم مستقر حراريا فيمكن إيجاده في المنتجات الغذائية بعد العمليات التصنيعية على هذه الأغذية. يعتبر السم من مركبات التي تؤثر في تثبيط تصنيع البروتينات والحامض النووي, ويمكن أن يتأيض السم الى De-epoxy-nivalenol داخل الجسم الحي. الجرعة النصفية القاتلة 38.9 ملغم/ كغم عن طريق الفم على فئران التجارب. أعراض التسمم الناتجة عن التعرض لسم NIV هو إسهال وإحتقان الرئتين والجهاز الهضمي وتحطم في نخاع العظم وزيادة وزن الكبد والطحال والغدة الزعترية وأنخفاض وزن الجسم. يعتبر السم غير مسرطن او محفز على السرطان, لكن له تأثير مثبط على الجهاز اللمفاوي, حيث يعمل على تثبيط إنتاج الـــ IGg ومستلمات T-Cell. سم الـــ NIV يحفز ظاهرة الموت المبرمج لخلايا الأنسجة الحية.

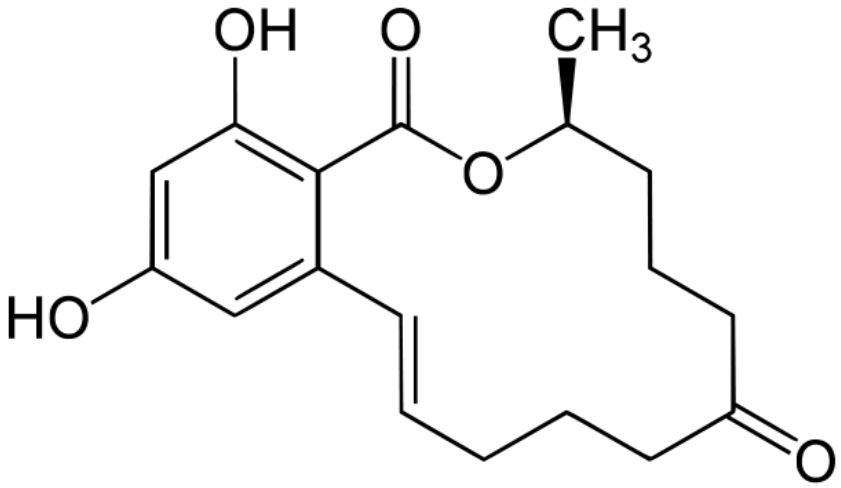


البناء التركيبي لسم الـــ Nivalenol.

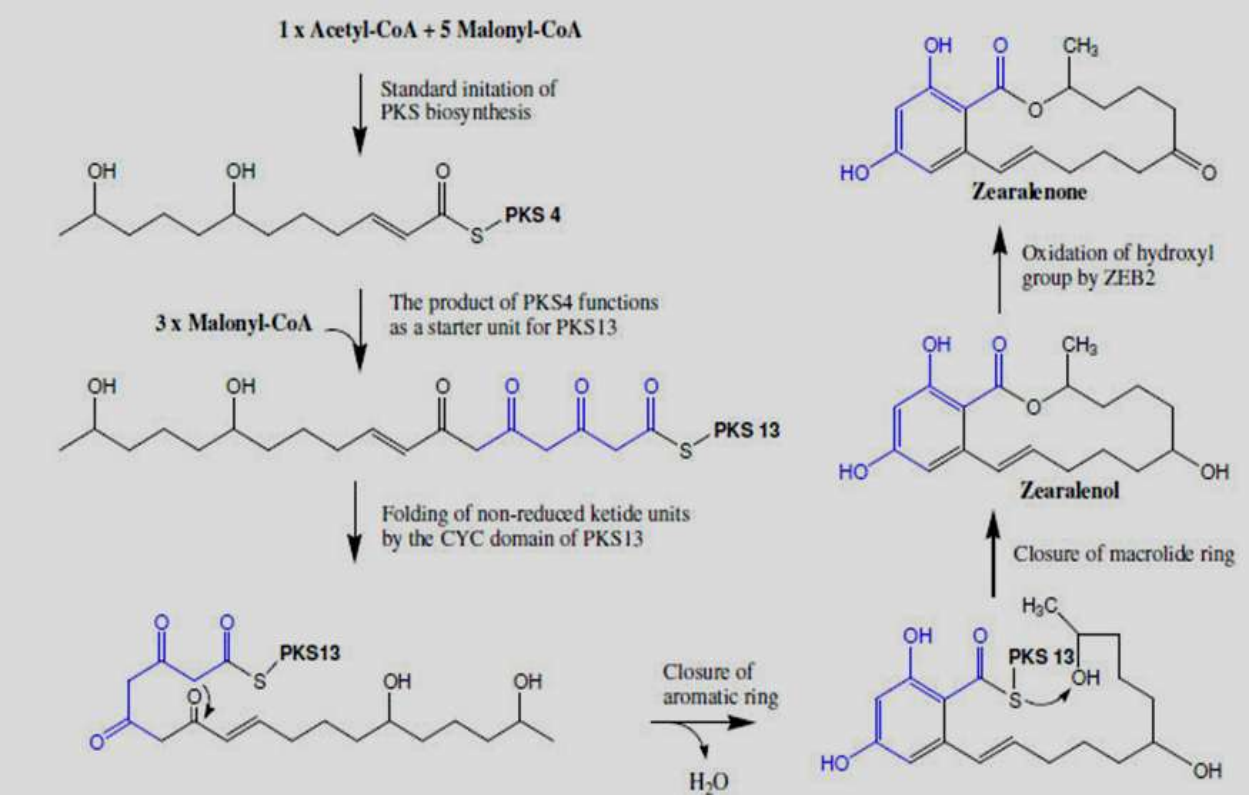
سم الـــ Zearalenone (ZEA) ينتج هذا السم من قبل انواع الفطريات *F.culmorum* و *F.graminearum*و *F.crookwellens*. الرمز الكيميائي للسم هو $C_{18}H_{22}O_5$, الوزن الجزيئي 318.36 دالتون, درجة انصهار المركب 159–163 م°. يتالق السم بلون ازرق مخضر عند تعريضه للأشعة فوق بنفسجية على صفائح الـــ TLC. يذوب السم بكميات قليلة في مذيب الهكسان ويذوب بنسبة أعلى بالبنزين, وهو ذائب في اسيتونايتريل والميثانول والايثانول والاسيتون. يمكن لسم الـــ ZEA ان يمتص عبر الجلد اذا حصل تلامس مباشر

معه. يتواجد السم ملوثا لمحاصيل الحبوب كالذرة الصفراء والبيضاء والقمح والشعير والشوفان والرز. السم يؤدي الى استجابات عالية لهرمون الاستروجين الانثوي للبائن, وينعكس تأثيره على الجهاز التناسلي, اذ يؤدي الى تضخمها بشكل غير طبيعي, إضافة الى إنخفاض نسبة الأخصاب في حيوانات الحقل التي تتغذى على علائق ملوثة بهذا السم, وتأثيرات اخرى كضعف في الجهاز المناعي وله تأثيرات مطفرة ويؤثر في الكبد. كما يحفز السم ظاهرة الموت المبرمج في خلايا الأنسجة الحية من خلال تأثيره على عضيات المايتوكندريا التي بدورها تنتج عوامل محفزة لظاهرة الموت المبرمج في الخلية.

هناك سموم مشتقة من سم الــ Zearalenone (ZEA) وهي α-zearalenol (α–ZEA) وβ-zearalenol (β-ZEA) وα-zearalanol (α-ZAL) وβ-zearalanol (β-ZAL) وzearalanone (ZAN). ميكانزم تأثير السم Zearalenone ومشتقاته في اللبائن انها تعمل على التأثير في 17β-oestradiol (17 β-E2) والأرتباط بمستقبلات هرمون الأستروجين (ERs), وان هذا الأرتباط يحفز انتاج هرمون الأستروجين بشكل مستمر.

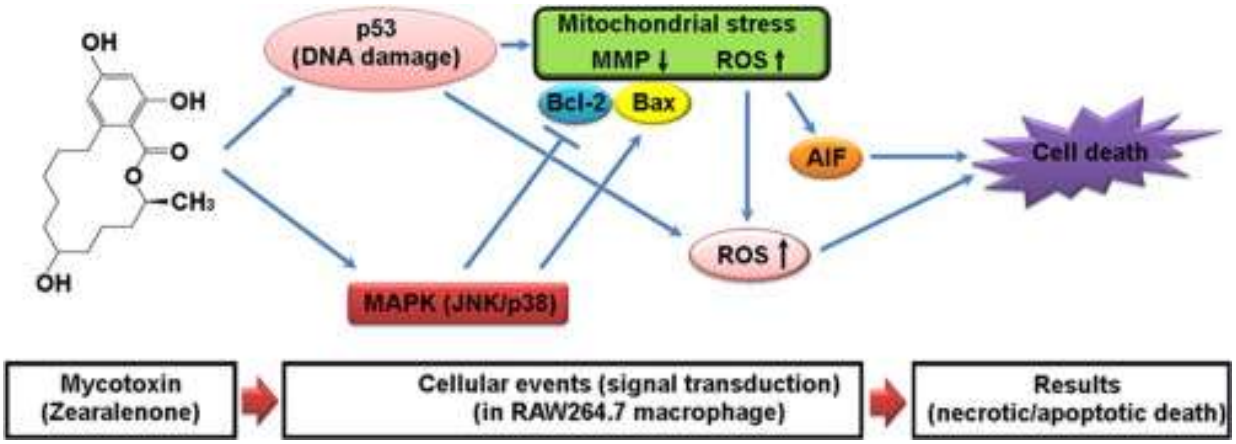


التركيب البنائي لسم الــ Zearalenone (ZEA).

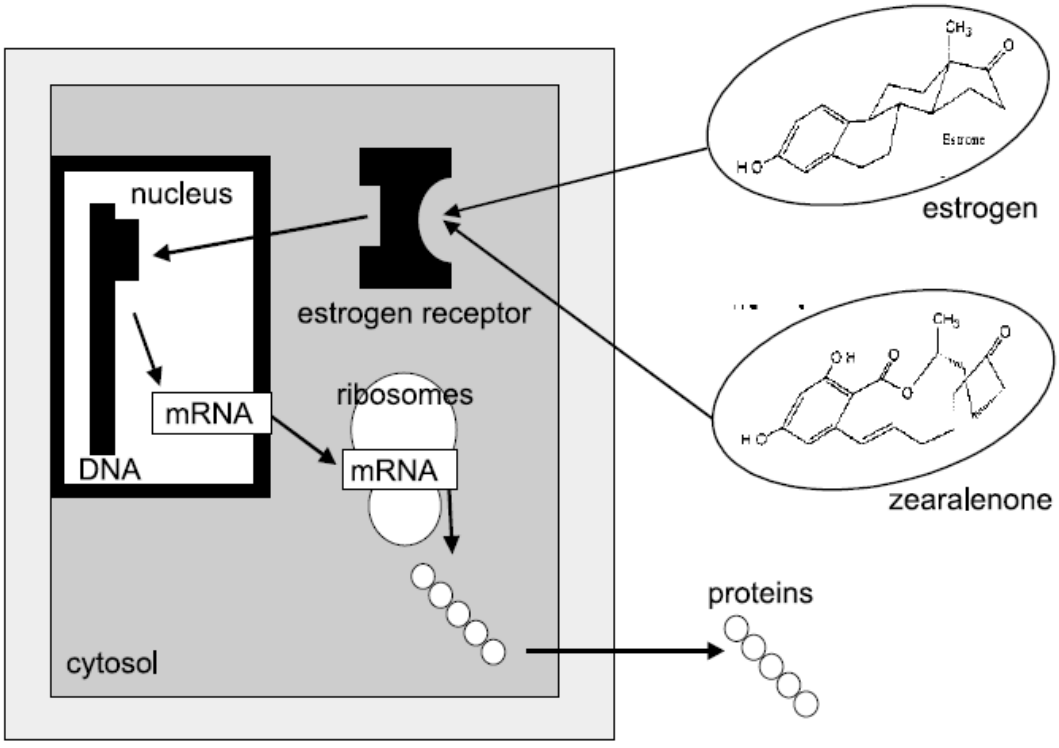


المسار التأيضي لتصنيع سم الــ Zearalenone (ZEA).

الجين المسؤول عن انتاج سم الــ zearalenone (ZEA) في الفطر Fusarium.

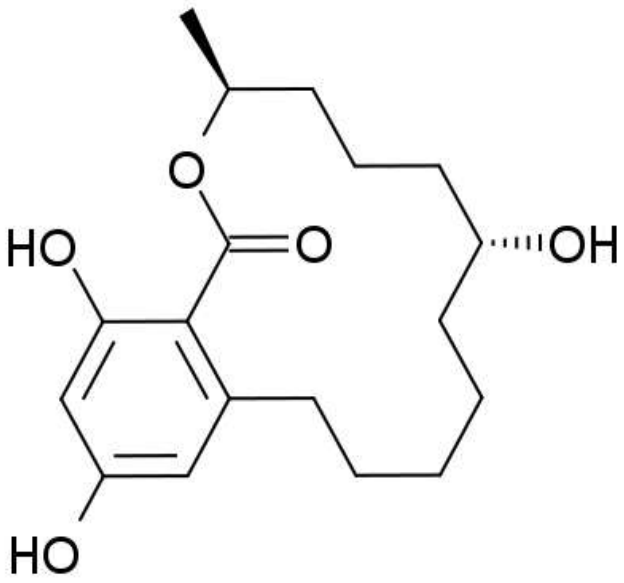


آلية تحفيز سم الــ ZEA لظاهرة الموت المبرمج في الخلايا الحية.

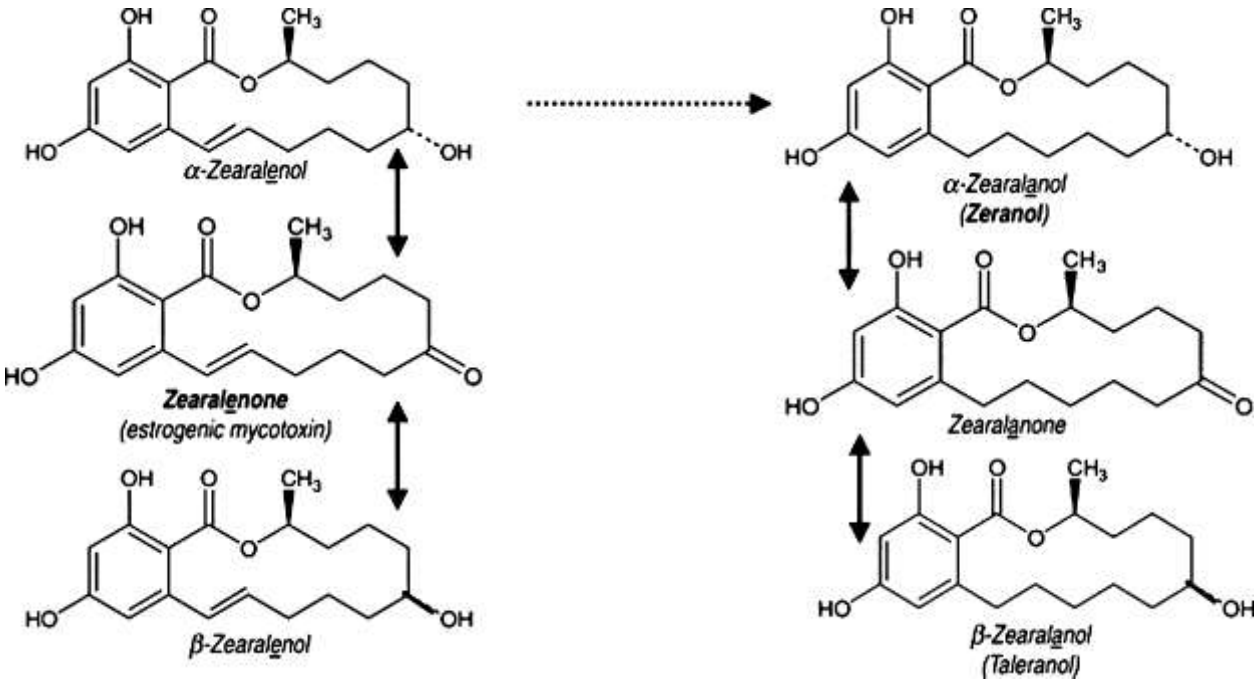


آلية تأثير سم الــ Zearalenone في مستلمات هرمون الأستروجين.

سم Zeranol (α-zearalanol) (α-ZAL) التركيب الكيميائي $C_{18}H_{26}O_5$, الوزن الجزيئي 322.4 دالتون, درجة إنصهار المركب 182–184م°, ينتج من قبل أنواع الفطر Fusarium, ويكون ملوثا للمحاصيل التي ينمو عليها الفطر Fusarium. وهو أقوى 3–4 أضعاف كهرمون إستروجيني التأثير مقارنتا بالسم Zearalenone. يستخدم سم الـــ Zeranol في برامج تسمين العجول في كندا والولايات المتحدة الامريكية, حيث تمت الموافقة على استخدامة في الأبقار فقط, ولم يتم الموافقة على استخدام هذا السم من قبل الأتحاد الأوربي في برامج تسمين العجول. أظهرت الدراسات الحديثة الى فعالية السم في تثبيط مرض سرطان الثدي.



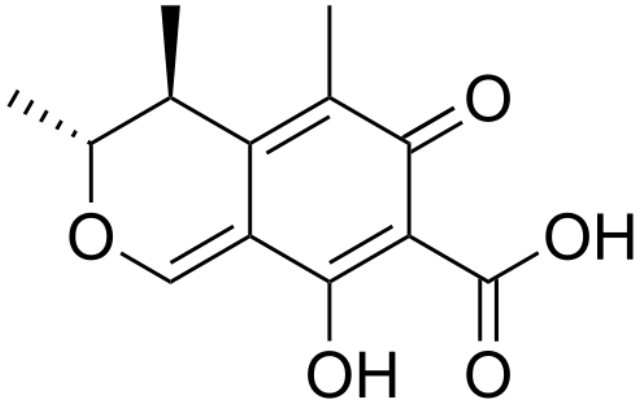
التركيب البنائي لسم الـــ Zeranol (α-zearalanol).



مسار تأيض السم Zearalenone (ZEA) **الى السم** Zeranol (α-zearalanol).

سم الـــ Citrinin ينتج هذا السم بصوره رئيسة من قبل الفطر *Penicillium citrinum* . التركيب الكيميائي للسم $C_{13}H_{14}O_5$, الوزن الجزيئي 250.1 دالتون, درجة إنصهار المركب 175م°. ينتج السم من قبل العديد من الفطريات الأخرى كالـــ *A.niveus* و *A.ochraceus* و *A.oryzae* و *A.terreus* و *Monascus ruber* و *M.purpureus* و*P.camemberti*. تعتبر الفطريات التابعة للجنس *Monascus spp* من الفطريات المستخدمة في إنتاج الصبغة الحمراء الغذائية الطبيعية, حيث اشارات دراسات الى تواجد سم الـــ Citrinin مع الصبغة الحمراء المنتجة من هذا الفطر. عزل السم اول مرة عام 1931 خلال عمليات التخمير لانتاج مضادات حيوية من الفطر *P.citrinum*. يتواجد السم ملوثا لمحاصيل الحبوب كالقمح والشعير والرز وفستق الحقل والذرة الصفراء وفول الصويا وثمار التفاح المصابة بالفطر. يعرف هذا السم بتأثيره السام على الكلية في حالات التسمم الحاد. كما يؤثر السم في فعالية عضيات المايتوكندريا في الخلايا من خلال تحفيز مسامية او نفاذية الاغشية في عضية المايتوكندريا, كما يعمل السم على تثبيط عملية التنفس من خلال تكوين

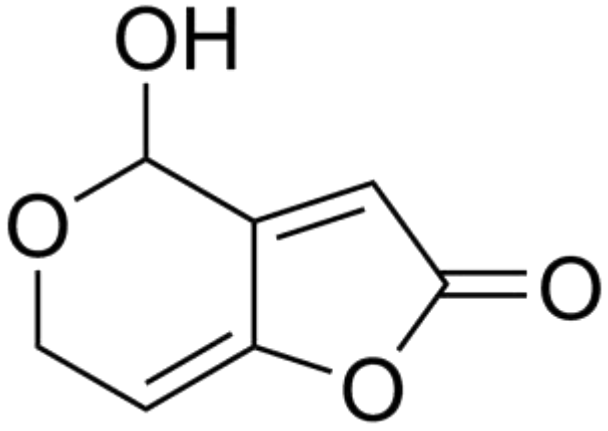
معقد مع مركبات السلسلة التنفسية. ميكانزم التأثير السام انه يؤثر في عمليات نقل ايونات الـــ Ca^{+2} وبالتالي يثبط كل من 2-oxoglutarate وعملية أختزال الهيدروجين في مركب الـــ pyruvate في كل من خلايا الكبد والكلية. للسم قابلية على النفاذ الى داخل الجسم عن طريق الجلد في حال حدوث تلامس مباشر مع السم. الجرعة النصفية القاتلة LD_{50} عن طريف الفم في الفئران 105 ملغم/كغم و 134 ملغم/كغم في الارانب.



التركيب البنائي لسم الـــ Citrinin.

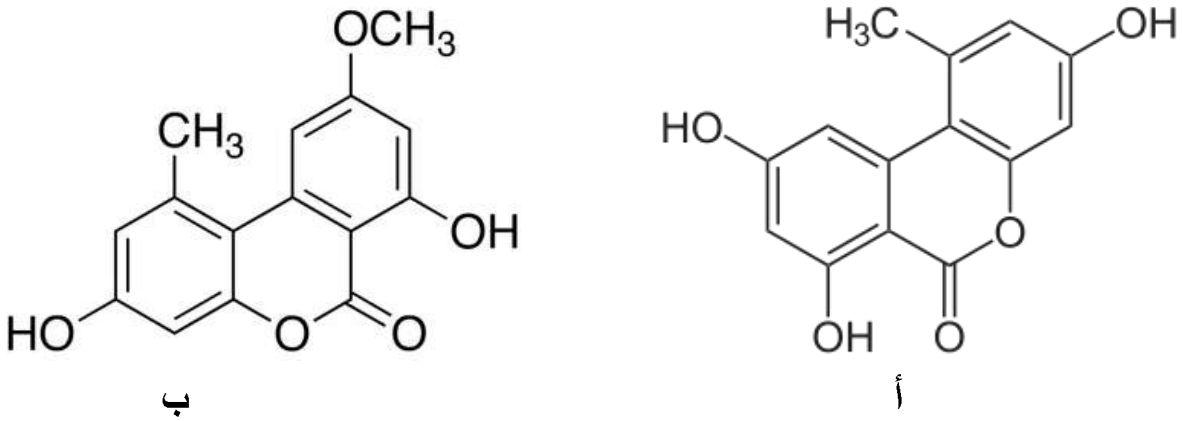
سم الـــ Patulin سم فطري ينتج من قبل انواع مختلفة من الـــ Aspergillus و Penecillium و Byssochlamys, ويعد الفطران *A.clavatus*. *P.expansum* المنتجان الرئيسان للسم, والنوع الأول هو الاكثر شيوعا. ينتج السم في مدى حراري واسع من 0–25م°, وأس هيدروجيني 3.2–3.8. يتواجد السم عادة في ثمار التفاح المتعفنة وكذلك المنتجات التصنيعية من التفاح, أشارت الدراسات الى تواجد السم في فواكه أخرى كالعنب وكذلك الخضار والحبوب والأجبان المتعفة بالفطر Penecillium. يعتبر السم مضاد حيوي, اذ كان يستخدم سابقا كمضاد حيوي. يؤثر في البكتريا الموجبة لصبغة كرام, لكن عدة دراسات أشارت الى تأثيره في الجينوم الخلوي والتي قد تؤدي الى حدوث سرطانات. الجرعة النصفية القاتلة LD_{50} للسم هي 20 ملغم/كغم في الفئران و100ملغم/كغم في الجرذان من خلال التجريع عن طريق الفم. منظمة الصحة العالمية وضعت حدود مسموح بتواجد هذا السم في عصير التفاح وهي 50 ميكغم/لتر. التركيب الكيميائي للسم $C_7H_6O_4$,

درجة انصهار المركب 110م°, الوزن الجزيئي 154.12 دالتون. سم الــ Patulin مستقر حراريا, لا يتحطم خلال العمليات التصنيعية لمنتجات التفاح الغذائية كالعصائر, لكن يتحطم السم خلال عمليات التخمير لعصير التفاح وكذلك عند معاملة ثمار الفاكهة بغاز ثاني اوكسيد الكبريت المعدة للتجفيف والحفظ لفترات طويلة.



التركيب البنائي لسم الــ Patulin.

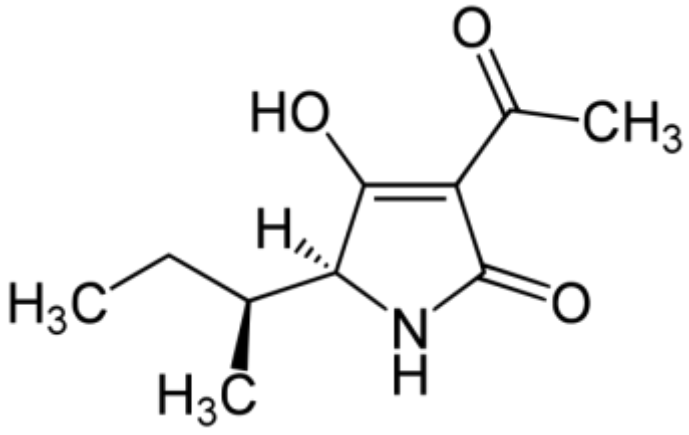
سمي الــ Alternariol (AOH) **و**Alternariol Monomethyl Ether (AME) ينتج هذين السمين من قبل انواع الفطر Alternaria وخصوصا النوع *A.alternate*, اكتشف السمين عام 1953 وللسمين تأثير مسرطن ومطفر, كما أظهرت العديد من الدراسات على الحيوانات المختبرية. يتواجد السم في محاصيل الحبوب والمحاصيل الزيتية والفواكه والخضر المصابة بالفطر Alternaria. يعتبر السمين من المركبات المضادة للفطريات بالاضافة الى اعتباره سام للأنسجة والخلايا النباتية (Phytotoxic), حيث له علاقة مباشرة بشراسة الفطر كممرض للنبات, آلية تأثير السم في الخلايا ناتج عن تثبيط عمل أنزيم كولين أستيريز. التركيب الكيميائي لسم الــ AME $C_{15}H_{12}O_5$, الوزن الجزيئي للمركب 272.3 دالتون. التركيب الكيميائي لسم الــ AOH $C_{14}H_{10}O_5$, الوزن الجزيئي 258.2 دالتون. الجرعة النصفية القاتلة LD_{50} على فئران التجارب 400 ملغم/كغم لكلا السمين.



ب أ

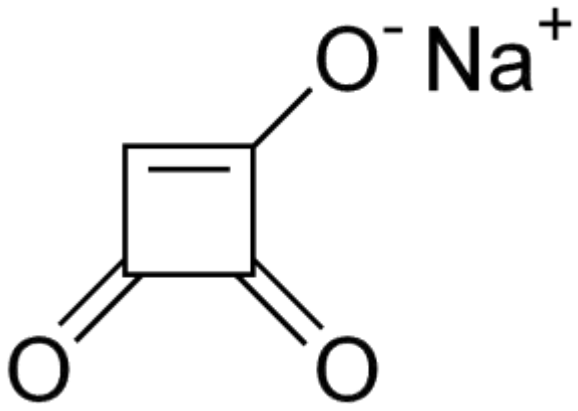
البناء التركيبي لسمي أ-(AOH) Alternariol ب- Alternariol Monomethyl Ether (AME).

سم الـــ Tenuazonic Acid (TeA) ينتج من قبل جنس الفطر Alternaria, عزل السم لاول مره عام 1957 من مزارع سائلة للفطر *A. tenuis*. الرمز الكيميائي للسم $C_{10}H_{15}NO_3$, الوزن الجزيئي للمركب 228 دالتون, شخص السم لاول مرة عام 1973. الجرعة النصفية القاتلة للفئران 100 ملغم/كغم. يتواجد السم في محاصيل الحبوب والخضر والفاكهة المصابة بالفطر Alternaria وخصوصا الانواع *A.alternate* و *A.longipes* *A.tenuissima*. يؤثر السم في الجينوم الخلوي اذ يعمل على تشكيل فجوات في البلازما النووية وزيادة حجم الكروماتين وحالات عدم تنظيم في عمليات الانقسام الخلوي وتشوه الحامض النووي, كما يثبط عملية تصنيع البروتين. أشارت دراسة الى إمكانية أستخدام السم بتراكيز منخفضة لتثبيط ومنع الخلايا السرطانية لسرطان الجلد في الفئران المختبرة. كما يعد السم من المثبطات القوية لعملية التركيب الضوئي للنبات من خلال تداخلة مع عملية النقل الالكتروني وتفاعلات الضوء والظلام.



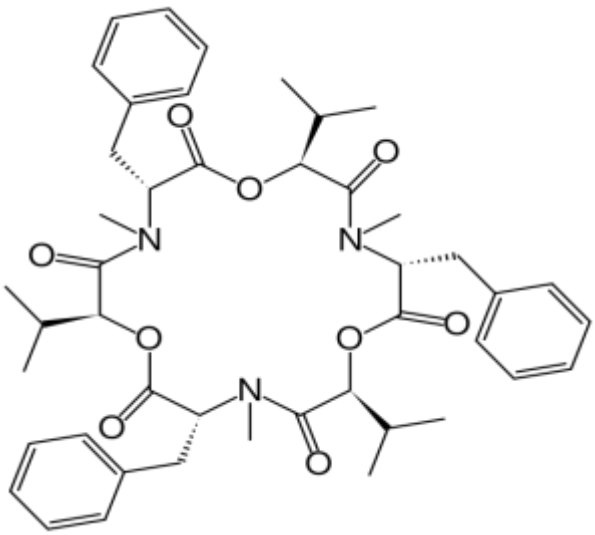
التركيب البنائي لسم Tenuazonic Acid (TeA).

سم الـــ Moniliformin**:** ينتج السم من قبل عدة انواع من الفطريات التابعة للجنس Fusarium منها *F.moniliforme* و*F.avenaceu* و*F.subglutinans* و *F.proliferatum* و *F. fujikuroi* وانواع اخرى. التركيب الكيميائي C_4HO_3Na, الوزن الجزيئي للمركب 120 دالتون, درجة حرارة ذوبان السم 345–355°م, السم قطبي يذوب في الماء والميثانول. يعتبر هذا السم من السموم التي تؤثر بشكل مباشر على عضلة القلب مسببة تضخم البطين, كما يعمل على تثبيط انزيمات التنفسية Pyruvate dehydrogenase في المايتوكوندريا الذي يمنع حامض البايروفيك من التحلل ليتحول الى Acetyl CoA. الجرعة النصفية القاتلة للسم 5.4 ملغم/كغم على افراخ الدجاج بعمر يوم واحد, و25–50 ملغم/كغم على فئران المختبرية. كما للسم تأثيرات سامة على الانسجة النباتية Phytotoxic. هناك دراسات تشير الى ان للسم تأثيرات في تشوه الكروموسومات عند تعرض حيوانات التجربة الى اكثر من 50 ملغم/كغم.

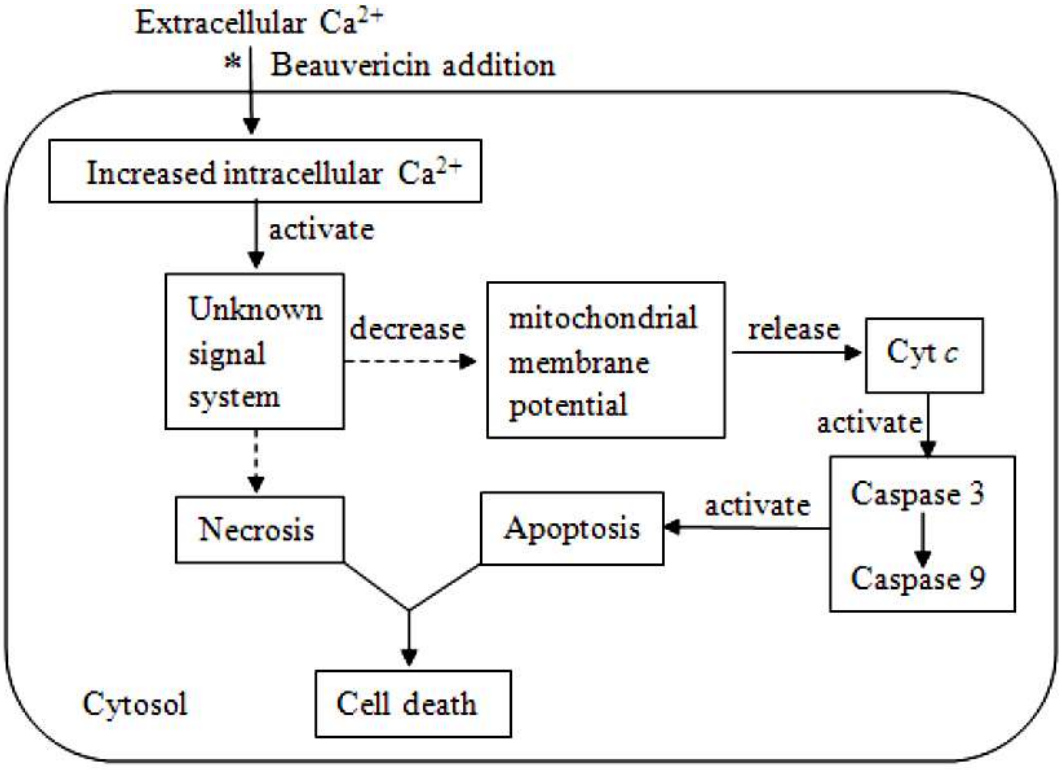


التركيب البنائي للسم Moniliformin.

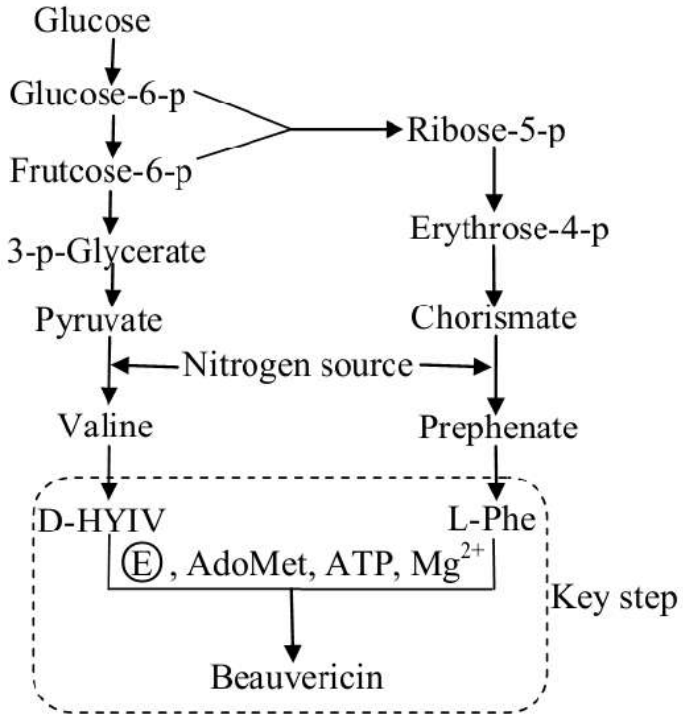
سم الـــ Beauvericin**:** عزل السم لاول مرة من قبل الفطر *Beauveria bassiana*, وينتج ايضا من بعض انواع الفطر Fusarium. التركيب الكيميائي للسم $C_{45}H_{57}N_3O_9$, الوزن الجزيئي 783.95 دالتون. للسم تأثيرات قاتلة للحشرات Insecticidal, كما ان للسم فعالية قاتلة على انواع البكتريا السالبة والموجبة لصبغة كرام والخمائر والاكتينومايسس وبعض انواع الفايروسات, كما يسبب الموت الرجعي المبرمج لخلايا اللبائن. يؤثر السم في نقل المواد المعدنية عبر اغشية الخلايا. ان للسم فعالية مضادة لسرطان الدم (لوكيميا), اذ يعمل السم الى زياد نفاذية اغشية خلايا اللوكيميا السرطانية لايونات Ca2+ وزيادة مستواه في الخلايا, والذي يؤدي بدوره الى موت الخلية.



التركيب البنائي للسم Beauvericin.

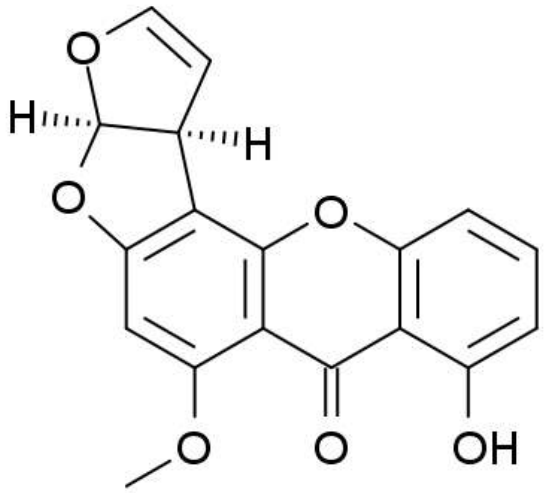


شكل يوضح ميكانزم تأثير سم Beauvericin في خلايا السرطانية للوكيميا.



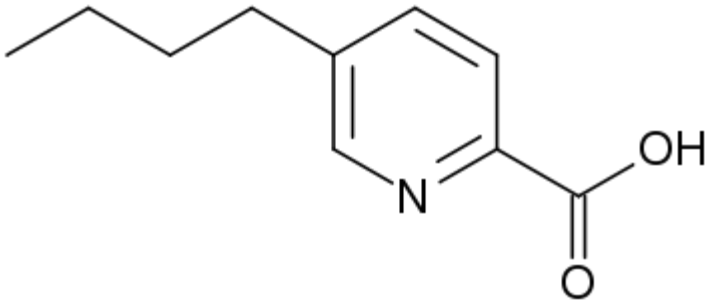
مخطط يوضح مسار تصنيع سم Beauvericin.

سم الــ Sterigmatocystin **:** سم ينتج من قبل انواع الفطر Aspergillus خاصة وبشكل رئيسي من قبل النوعين *A.nidulans* و*A.versicolor* والانواع *A.chevalieri* و *A.ruber* و *A.amstelodami* .التركيب الكيميائي للسم $C_{18}H_{12}O_6$, والوزن الجزيئي للمركب 324.28 دالتون. يذوب المركب في الميثانول والكلوروفورم والاسيتونايتريل والايثانول والبنزين. يتواجد السم على سطوح الجبن المتعفن اثناء فترة الخزن وفي الحبوب المتعفنة. له تأثيرات مشابهة لسمية الــ AFB1, اذ يسبب سرطان الكبد وتشوه ومطفرة. الجرعة النصفية القاتلة LD_{50} على الفئرن 800 ملغم/كغم. اذ يسبب تلف للكلية واسهال وقلة انتاج الحليب في الحيوانات المتعرضة للسم. كما يمكن للسم ان يمتص عبر الجلد عند التعرض المباشر للسم بالملامسة.



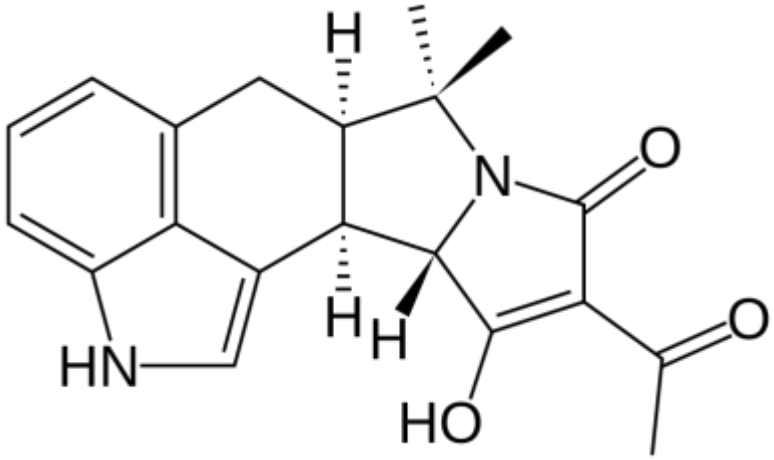
التركيب البنائي لسم الــ Sterigmatocystin.

سم الــ Fusaric acid**:** ينتج السم من قبل انواع الفطر Fusarium, منها *F. fujikuroi* و *F.oxysporum*, السم من مشتقات الحامض Picolinic acid. التركيب الكيميائي للسم $C_{10}H_{13}NO_2$, الوزن الجزيئي 179.22 دالتون. يذوب المركب في الايثانول. للسم تأثيرات سامة على انسجة النباتات (Phytotoxic), كما له علاقة بالتأثير في شراسة الفطر الممرض على النبات. يعتبر السم عامل مثبط لتضاعف الخلايا والحامض النووي.



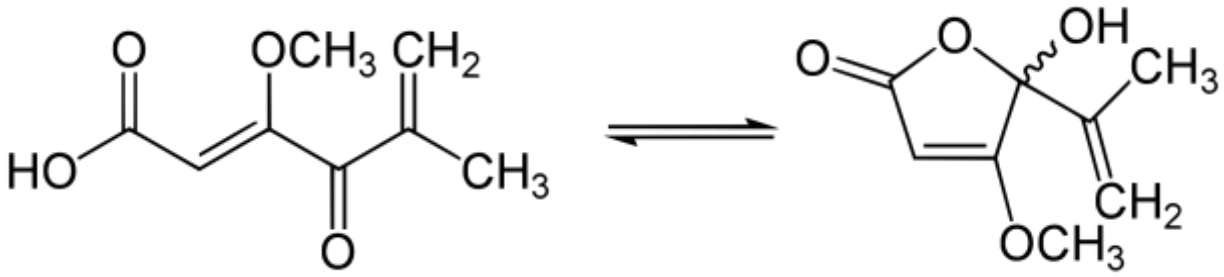
التركيب البنائي لسم Fusaric acid.

سم الــ Cyclopiazonic acid**:** ينتج السم من قبل مجموعة من انواع الفطريات *Penicillium cyclopium* و*P.cyclopium* و*P.griseofulvum* و *P.camemberti* و*A.flavus* و*A.versicolor* و*A. tamari* و*A. oryzae*. التركيب الكيميائي للسم $C_{20}H_{20}N_2O_3$, الوزن الجزيئي للمركب 336.38 دالتون. درجة انصهار المركب 245°م. للسم تأثيرات سامة بالتراكيز العالية فقط, اذ يعمل على تثبيط Ca^{2+}-ATPase. الجرعة النصفية القاتلة LD_{50} على الجرذان المختبرية 36 ملغم/كغم. ميكانزم التأثير السام للسم يأتي من خلال خفض امتصاص +Ca2 من خلال تثبيط ضخ الــ +Ca2 الى الشبكة الاندوبلازمية. يسبب السم تنخر والتهاب في الجهاز الهضمي والتهاب الكبد وكما يسبب تثبيط الجهاز المناعي.

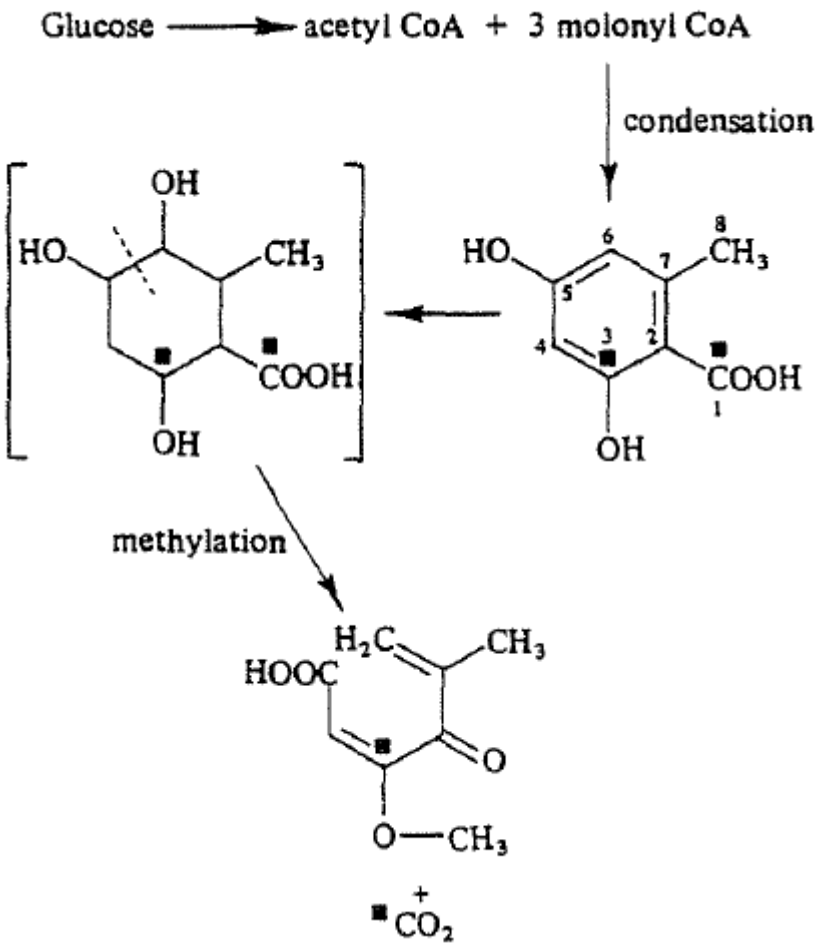


التركيب البنائي للسم Cyclopiazonic acid.

سم الـــ Penicillic acid: عزل السم لاول مرة عام 1913 من الفطر *Penicillium puberulum* , كما ينتج السم من قبل الفطر *P.cyclopium* و*P. puberulum* و *P. stoloniferum* و*P. suavolens* و *A.ochraceus* و*A. suiphureus*. التركيب الكيميائي للسم $C_8H_{10}O_4$, الوزن الجزيئي للمركب 170.16 دالتون. السم عالي الذوبان في الماء الدافيء والايثانول والايثر والكلوروفورم. الجرعة النصفية القاتلة LD_{50} للسم 100 ملغم/كغم على الفئران. ان للسم تأثيرات سامة على النسيج النباتي Phytotoxic , حيث اشارت دراسات الى قابلية السم على تثبيط نمو بادرات حبوب الذرة الصفراء, اذ ان تركيز 500 ملغم/كغم قد اختزل 50% من المجموع الجذري.



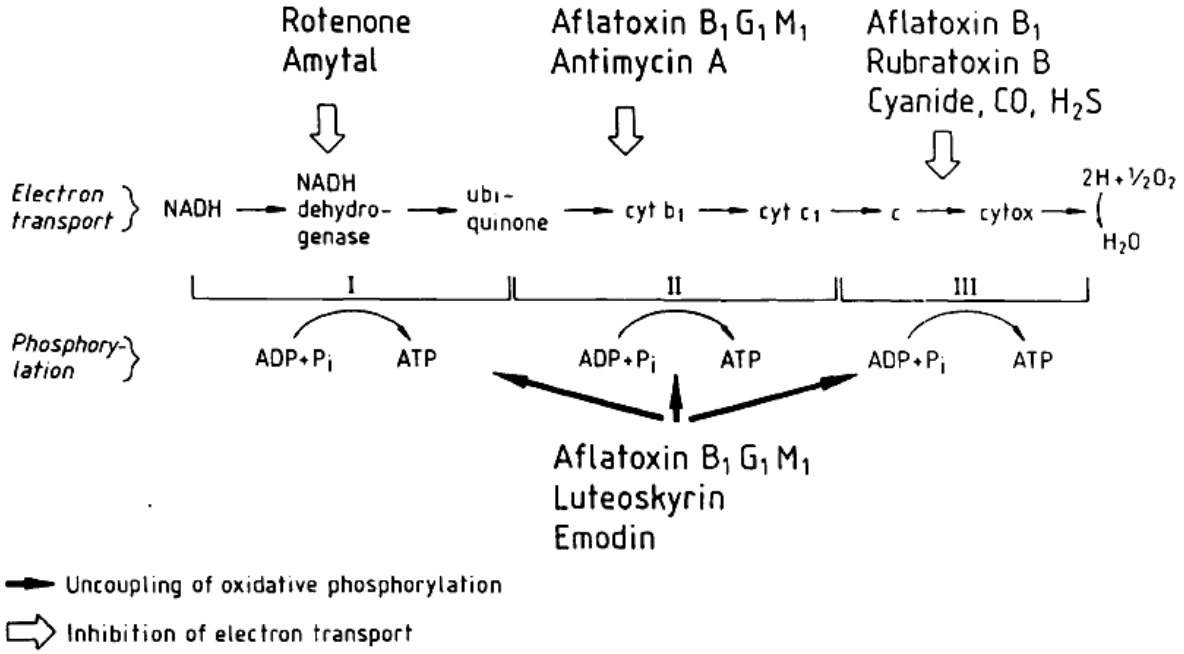
التركيب البنائي لسم الـــ Penicillic acid.



مسار التصنيع الحيوي لسم الـــ Penicillic acid.

الية التأــثير لبعض انواع السموم الفطرية في النظم الحيوي

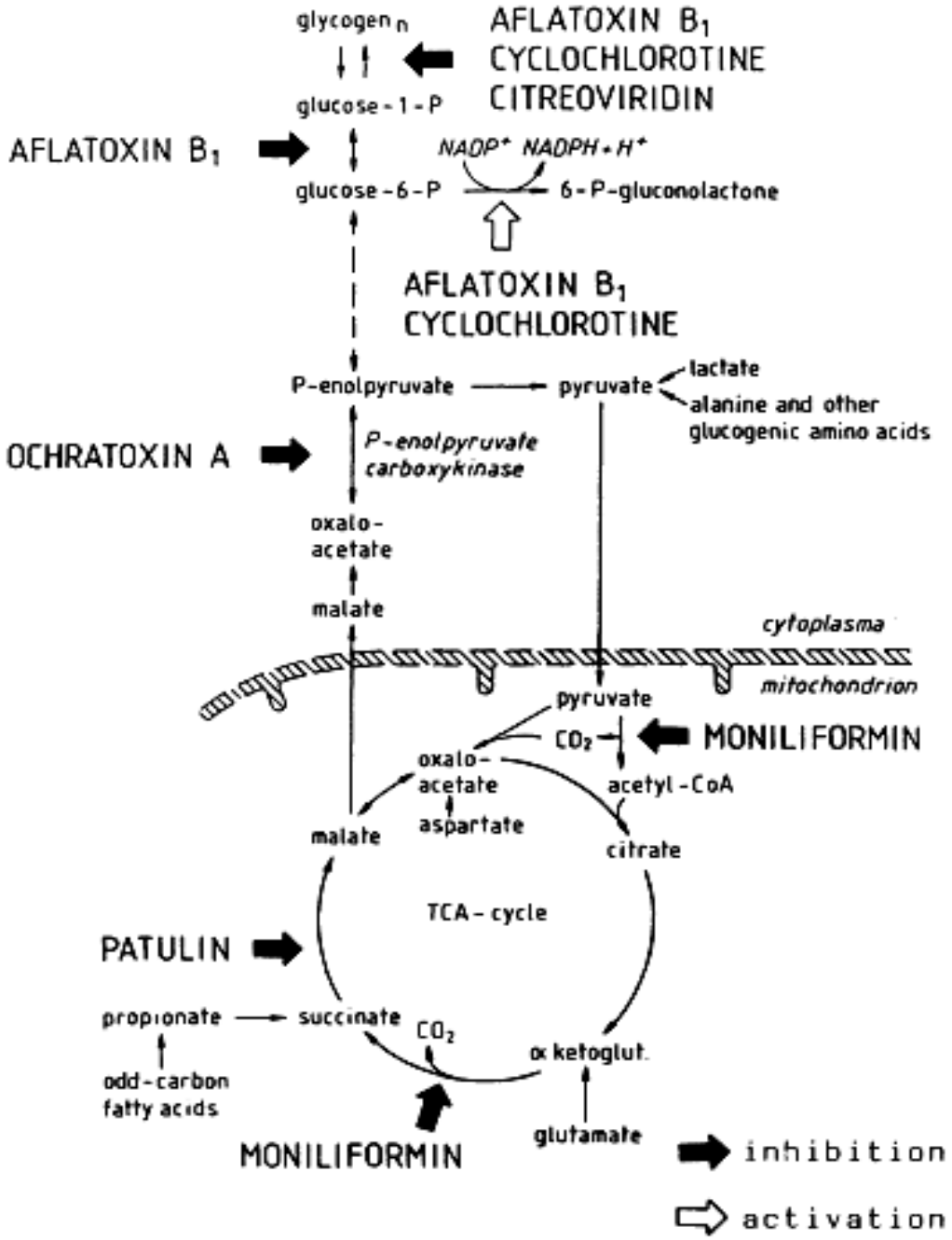
تؤثر السموم الفطرية في النظم الحيوية داخل جسم الكائن الحي بعدة طرق, اذ تؤثر السموم في الاعضاء والعضيات والانسجة الخلوية ووحدات الجزيئات الكبيرة, وبالتالي التأثير في عمليات تصنيع البروتين وتضاعف المادة الوراثية. تتعدد اليات تأثير السموم الفطرية منها تأثيرها في دورة الفسفرة التأكسدية لانتاج الطاقة ATP, كما هو الحال في سموم AFB1 وAG1 وAFM1. او تؤثر في نقل الالكترونات كما في سموم AFB1, G1,M1 وAntimycin A.



مخطط يوضح تداخلات السموم الفطرية مع دورة الفسفرة التأكسدية.

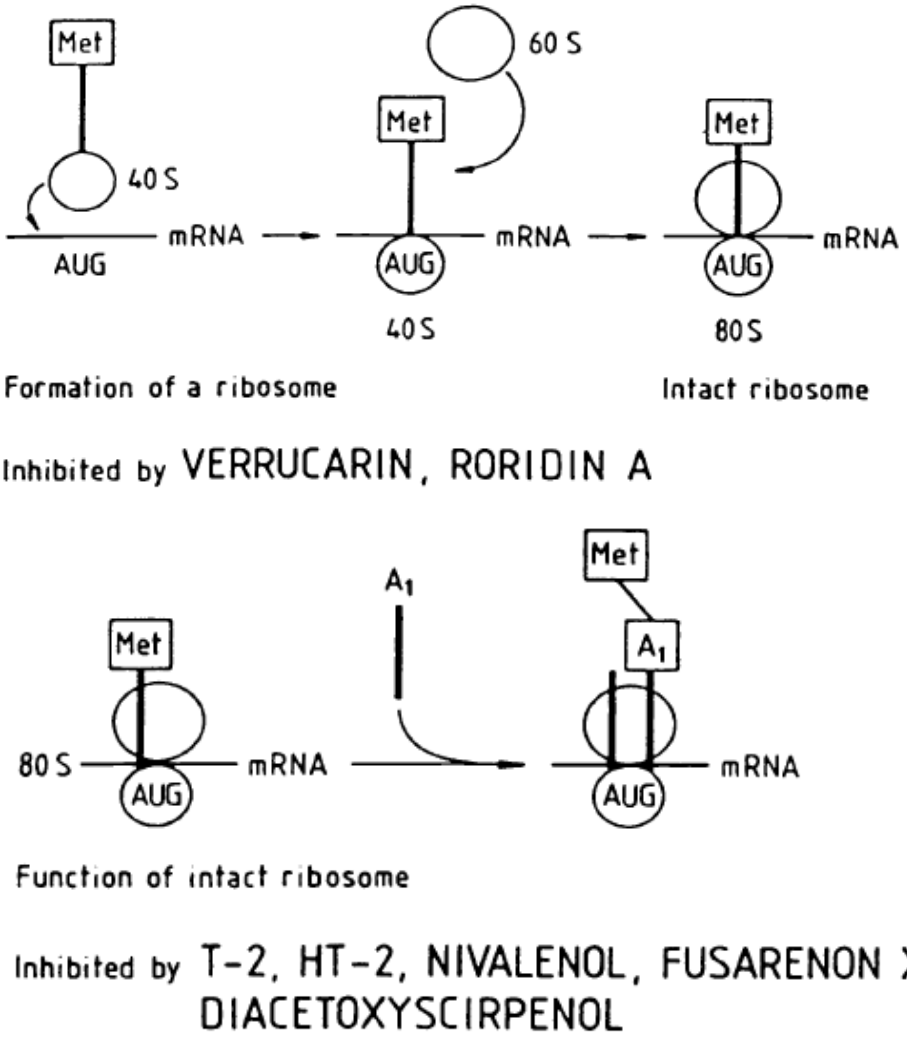
كما تتداخل بعض انواع السموم الفطرية مع ايض الكربوهيدرات, مما يؤدي الى تثبيط او تفعيل خطوة معينة في دورة ايض الكاربوهيدرات. حيث تعمل السموم الفطرية على تخفيض مستوى الكلايكوجين في الكبد وزيادة مستويات السكر في الدم, من هذه السموم الفطرية التي

يمكن أن تسبب هذه الآثار هي الأفلاتوكسين، الأوكراتوكسين A، B rubratoxin، Cyclochlorotine. او قد تسبب زيادة في نشاط او فعالية جزء من دورة ايض الكاربوهيدرات, كما ان سم AFB1 و Cyclochlorotine.



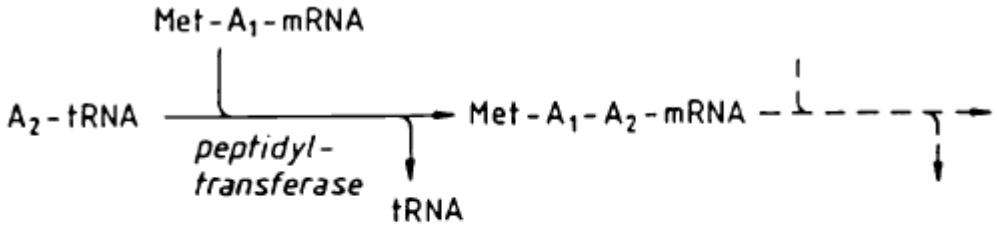
مخطط يوضح الأماكن التي يتداخل السم الفطري مع عمليات ايض الكاربوهيدرات.

كما تؤثر بعض انواع السموم الفطرية في ترجمة الشفرة الوراثية للـــ RNA وبالتالي التأثير في الرايبوسومات وانتاج البروتين, وهناك عدة حالات لتأثير السموم في هذه الحالة منها تثبيط الخطوة الاولى من عملية التشفيرInitiation كما هو الحال في سمي Verrucarin و Roridin A, T2—toxin و HT2-toxin وغيرها.



مخطط يوضح تـــثير بعض انواع السموم الفطرية في تشفير تصنيع البروتين.

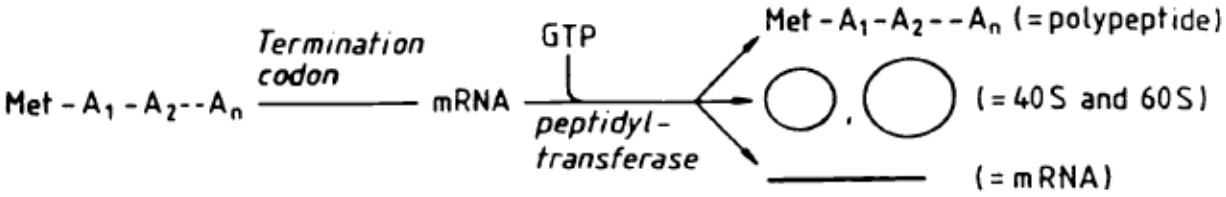
او ان هناك سموم تؤثر في عملية الاستطالة Elongation لعملية ربط الببتيدات لتصنيع البروتين, كما في سموم Trichothecin, Crotocin ,Verrucaro, Fusarenon X, Diacetoxyscrpenol.



Inhibited by VERRUCAROL, TRICHOTHECIN, CROTOCIN and others. Also FUSARENON and DIACETOXYSCIRPENOL can act on elongation

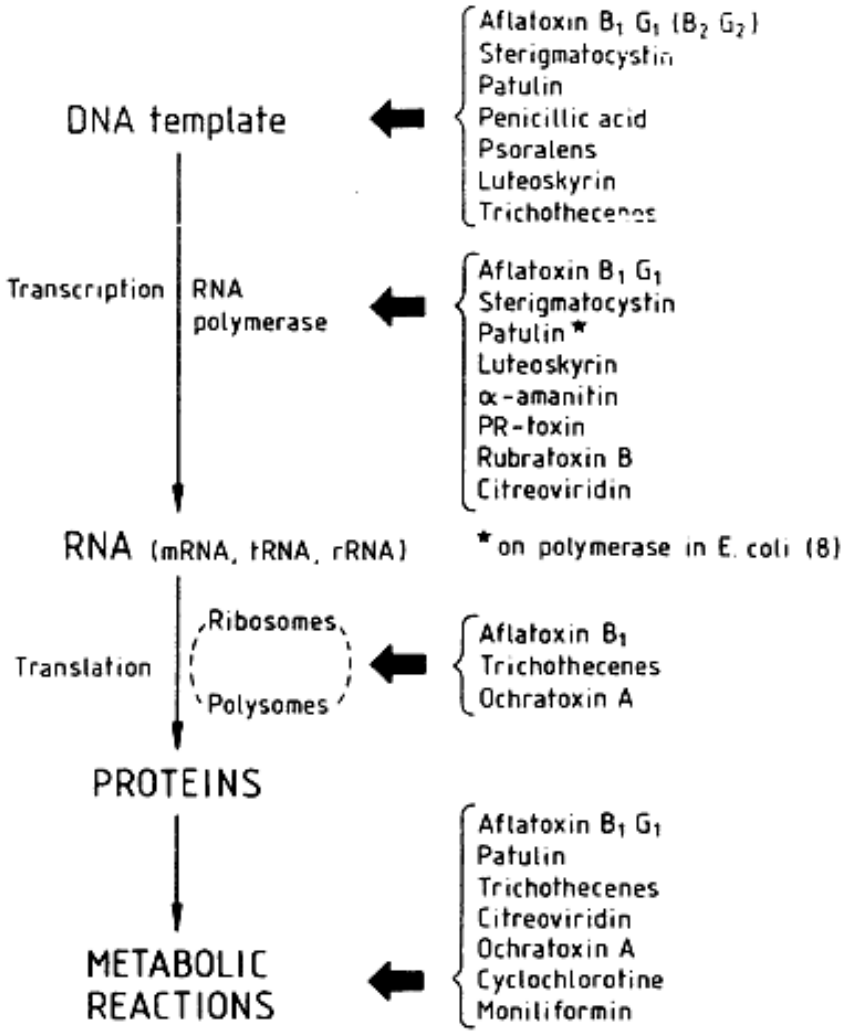
مخطط يوضح تأثير السموم الفطرية في عملية ربط واستطالة السلسلة الببتيدية.

كما ان هناك سموم تؤثر في الخطوة النهائية Termination من عمليات التشفير الكودون لتصنيع البروتين , ومن هذه السموم Trichodermol, Trichooermone,



Inhibited by TRICHODERMOL, TRICHODERMONE,

مخطط يوضح تأثير السموم الفطرية في العملية النهائية لتشفير الكودون لتصنيع سلسلة الببتيدية.



مخطط يوضح تأثيرات السموم الفطرية في المواقع الرئيسة في للـــ RNA وعلى عمليات تمثيل البروتين.

المراجع

Abbas HK and RT Riley.1996.The presence and phytotoxicity of fumonisins and AALtoxin in *Alternaria alternata*. Toxicon. 34:133-136.

Abbas HK, CD Boyette, RE Hoagland, and RF Vesonder.1991. Bioherbicidal potential of *Fusarium moniliforme* and its phytotoxin, fumonisin. Weed Sci. 39:673-677.

Abbas HK, T Tanaka, SO Duke, JK Porter, EM Wray, L Hodges , AE Sessions, E Wang, AH Merrill and RT Riley.1994.Fumonisin and AAL-toxin-induced disruption of sphingolipid metabolism with accumulation of free sphingoid bases. Plant Physiol. 106:1085-1093.

Al-Anati L, and E Petzinger.2006. Immunotoxic activity of ochratoxin A. J. Vet. Pharmacol. Ther. 29(2):79–90.

Altomare, C., A Logrieco, A Bottalico, G Mulé, A Moretti, A Evidente. 1995.Production of type S trichothecenes and enniatin B by *Fusarium sambucinum* Fuckel sensu lato. Mycopathologia. 129:177–181.

Antony M.1991. Inhibition of mouse skin tumor promotion by tenuazonic acid. Cancer Lett. 61, 21. Abstract.

Arora, D.1986. Mushrooms demystified: a comprehensive guide to the fleshy fungi (2nd ed.). Berkeley: Ten Speed Press. pp. 271–73.

Beasley, V.R.1989. Trichothecene Mycotoxicosis: Pathophysiologic effect. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.

Belmadani A.1999. Selective toxicity of ochratoxin A in primary cultures from different brain regions. Arch Toxicol. 73(2):108–114.

Bennett, JW, and M Klich.2003. Mycotoxins. Clinical Microbiology Reviews. 16(3):497–516.

Bhatnagar D, EB Lillehoj, and DK Arora, eds. 1992. Handbook of Applied Mycology: Mycotoxins in Ecological Systems. New York: Marcel Dekker. Pp 255.

Boonen, J, M Svetlana, T Lien, DM José, DS Sarah, DS Bart.2012. Human skin penetration of selected model mycotoxins. Toxicology. 301 (1–3):21–32.

Boonen, J, VM Svetlana, T Lien, DM José, DS Sarah, and DS Bart.2012. Human skin penetration of selected model mycotoxins. Toxicology. 301(1–3):21–32.

Brian p. W., A.W. Dawkins, J F Grove, H.G. Hemming, D. Lowe and G Norris.1961. Phytotoxic Compounds produced by *Fusarium equiseti.* Journal of Experimental Botany. 12(1):1-12.

Bullerman LB.1986. Mycotoxins and food safety. Food Technol. 40:59-66.

Bunner, D.L. and ER Morris.1988. Alteration of multiple cell membrane functions in L-6 myoblasts by T2-toxin: an important mechanism of action. Toxicol. Appl. Microbiol. 92:113-121.

Carrasco, L, M Barbacid, and D Vazquez. 1973. The trichodermin group of antibiotics, inhibitors of peptide bond formation by eukaryotic ribosomes. Biochim. Biophys. Acta. 312:368–376.

Chen SG, Xu XM, XB Dai, CL Yang, and S Qiang.2007.Identification of Tenuazonic Acid as a Novel Type of Natural Photosystem II Inhibitor Binding in QB-Site of Chlamydomonas Reinhardtii. Biochim. Biophys. Acta. 1767:306-318.

Choi CY, H Nakajima-Adachi, S Kaminogowa, and Y Sugita-Konishi .2000. Nivalenol inhibits total and antigen-specific IgE production in mice. Toxicol Appl Pharmacol. 165:94-98.

Chu,FS.1991.Current immunochemical methods for mycotoxin analysis, in Immunoassays for Trace Chemical Analysis: Monitoring Toxic Chemicals in Humans, Food and the Environment (Vanderlaan, M., Stanker, L. H., Watkins, B.E., and Roberts, D. W., eds.), American Chemical Society, Washington, DC, pp. 140–157.

Ciegler A., R. W. Detroy, and E. B. Lillehoj.1971. Patulin, Penicillic Acid, and Other Carcinogenic lactones. Academic Pren, Inc. New York ond Londo" p 3012.

Cooray R.1984.Effects of some mycotoxins on mitogen-induced blastogenesis and SCE frequency in human lymphocytes. Fd Chem Toxic. 22: 529-534.

Côté LM, AM Dahlem, T Yoshizawa, SP Swanson, and WB Buck. 1986. Excretion of deoxynivalenol and its metabolite in milk, urine, and feces of lactating dairy cows. J Dairy Sci. 69(9):2416-2423.

Cundliffe, E, and JE Davies.1977.Inhibition of initiation, elongation, and termination of eukaryotic protein synthesis by trichothecene fungal toxins. Antimicrob. Agents Chemother. 11:491–499.

Curtui V., C. Seidler, E. Schneider, and E. Usleber.2005. Bestimmung von Deoxynivalenol und Deepoxy-Deoxynivalenol in Milch. Mycotoxin Research. 21(1):40-42.

Daniels, J.M., L Liu, PK Stewart, and TE Massey.1990. Biotransformation of aflatoxin B1in rabbit lung and liver microsomes. Carcinogenesis. 11(5):823-827.

Desjardins, A.E, RHProctor, G Bai, SP McCormick, G Shaner, G Beuchley, and TM Hohn.1996. Reduced virulence of trichothecene-non-producing mutants of *Gibberella zeae* in wheat field tests. Mol. Plant-Microbe Interact. 9:1996–1023.

Dilip K. A and AK. Arora. 2003. Fungal Biotechnology in Agricultural, Food, and Environmental Applications. Marcel Dekker Inc; illustrated edition p. 336.

Diniz SP and RC Oliveira.2009. Effects of fusaric acid on *Zea mays* L. seedlings. FYTON.78:155-160

Dounin, M. 1930. The fusariosis of cereal crops in European-Russia in 1923. Phytopathol. 16: 305-308.

Drusch S., and W Ragab .2003. Mycotoxins in fruits, fruit juices and dried fruits Journal of Food Protection. 66(8):1514-1527.

Eaton, DL, and EP Gallagher.1994. Mechanisms of aflatoxin carcinogenesis. Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol. 34:135–172.

Eriksen GS, and J Alexander.1998. Fusarium toxins in cereals – a risk assessment. Nordic Council of Ministers; Tema Nord. 502:7-44.

Garvey, G.S, SP McCormick, and I Rayment. 2008. Structural and functional characterization of the TRI101 trichothecene 3-0-acetyltransferase from *Fusarium sporotrichioides* and *Fusarium graminearum*: Kinetic insights to combating Fusarium head blight. J. Biol. Chem. 283:1660–1669.

Gautam, P. and R Dill-Macky.2011. Type I host resistance and Trichothecene Accumulation in Fusarium-infected Wheat Heads. American Journal of Agricultural and Animal Sciences. 6(2): 231-241.

Generoso M, Ma Chagas, M Benigna, MO Annibal, PCM Lucia and W. Kluppel.1995.Mechanism of citrinin induced function of mitochondria. IV—Effect on Ca^{2+} transport. Cell Biochemistry and Function. 13(1): 53-59.

Ghosal S., K. Biswas, R.S. Srivastava, D.K. Chakrabarti, and K Chaudhary.1978.Toxic substances produced by Fusarium : Occurrence of zearalenone, diacetoxyscirpenol, and T2-toxin in moldy corn infected with *Fusarium moniliforme* sheld. Journal of Pharmaceutical Sciences. 67(12):1768–1769.

Gordon, R. Y., T Cooperman, W Obermeyer, and DJ Becker.2010. Marked Variability of Monacolin Levels in Commercial Red Yeast Rice Products: Buyer Beware. Archives of Internal Medicine. 170(19): 1722–1727.

Goto T, DT Wicklow, and Y Ito. 1996. Aflatoxin and cyclopiazonic acid production by a sclerotium-producing *Aspergillus tamarii* strain. Appl. Environ. Microbiol. 62(11):4036–4038.

Gottschalk, C., J Barthel, G Engelhardt, J Bauer, and K Meyer. 2009. Simultaneous determination of type A, B and D trichothecenes and their occurrence in cereals and cereal products. Food Addit. Contam. A. 26:1273–1289.

Grandoni, KM., PA Gentry, BJ Holub, and Yagen, B.1992. Trichothecene mycotoxins inhibit phosphoinositide hydrolysis in bovine platelets stimulated with platelet activating factor. Toxicol. 72:51-60.

Groopman JD, KW Fowler, WF Busby, and GN Wogan.1981. Interaction of aflatoxin B2 with rat liver DNA and histones in vivo. Carcinogenesis. 2(12):1371-1373.

Güleray A, and L. Alpsoy.2005. Antagonistic effect of selenium against aflatoxin G1 toxicity induced chromosomal aberrations and metabolic activities of two crop plants. Bot. Bull. Acad. Sin. 46:301-305.

Halvorson MR, TD Phillips, SH Safe, and LW Robertson. 1985. Metabolism of aflatoxin B1 by rat hepatic microsomes induced by polyhalogenated biphenyl congeners. Appl. Environ. Microbiol. 49(4): 882–886.

Henghold II, WB.2004. Other biologic toxin bioweapons: Ricin, staphylococcal enterotoxin B, and trichothecene mycotoxins. Dermatologic Clinics.22: 257-262.

Holzapfel, C. W.1968. "The isolation and structure of cyclopiazonic acid, a toxic metabolite of *Penicillium cyclopium* Westling". Tetrahedron 24 (5): 2101–2119.

International Agency for Research on Cancer (IARC).2002. Summaries & Evaluations, Fumonisin B1. pp. 301

Jacqueline K and Daniel T.1985.Role of Penicillic Acid in the Phytotoxicity of *Penicillium cyclopium* and *Penicillium canescens* to the Germination of Corn Seeds. Applied and Environmental Microbiology. 49:(3)660-663.

James J.P.2007. Deoxynivalenol: Toxicity, mechanisms and animal health risks. Animal Feed Science and Technology. 137(1):283–298.

Jestoi M, Rokka M, Yli-Mattila T, Parikka P, Rizzo A, Peltonen K.2004.Presence and concentrations of the Fusarium-related mycotoxins beauvericinenniatins and moniliformin in finnish grain samples". Food additives and contaminants 21(8):794–802

Jiujiang Yu, P Chang, KC. Ehrlich, JW. Cary, D Bhatnagar, TE. Cleveland, GA. Payne, JE. Linz, CP. Woloshuk, and JW. Bennett. 2004. Clustered Pathway Genes in Aflatoxin Biosynthesis. Applied and Environmental Microbiology. 70(3):1253–1262.

Joffe, A.Z. 1950. Toxicity of fungi on cereals overwintered in the field: on the etiology of alimentary toxic aleukia. Dissertation, Inst. Bot. Acad. Sci. Leningrad. P. 205.

Jonsyn, F.E.1992. Mycotoxic flora and mycotoxins in smoke-dried fish from Sierra Leone. Nahrung. 36:485-489.

Kawasaki, Y., O Uchida, K Sekita, K Matsumoto, T Ochiai, A Usoi, Y Nakaji, L Furoya,Y Kurokawa, and M Tobe.1990.Single and repeated oral administration toxicity studies of nivalenol in F344 rats. J. Food hyg. Sos. Jpn. 31:144-154.

Kiessling, KH.1986. Biochemical mechanism of action of mycotoxins. Pure & App. Chem.58(2):327-338,

Klein AS, J Hart, JJ Brems, L Goldstein , K Lewin, and RW Busuttil. 1989.Amanita poisoning: treatment and the role of liver transplantation. American Journal of Medicine. 86(2):187–93.

Kouti, K.; Lemmens, M.; Lemmens-Gruber, R. 2003.Beauvericin induced channels in ventricular myocytes and liposomes. Biochim. Biophys. Acta, 1609:203–210.

Kurtzman CP, MJ Smiley, CJ Robnett, and DT Wicklow.1986. DNA relatedness among wild and domesticated species in the *Aspergillus flavus* group. Mycologia. 78(6):955–959.

Lafarge-Frayssinet C, G Lespinats, P Lafont, F Loisillier, S Mousset , and Y Rosenstein.1979.Immunosuppressive effects of Fusarium extracts and trichothecenes: blastogenic response of murine splenic and thymic cells to mitogens. Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 160:302-11.

Lamprecht SC, WF Marasas, JF Alberts, ME Cawood, WC Gelderblom, GS Shephard, PG Thiel, and FJ Calitz.1994.Phytotoxicity of fumonisins and TA-toxin to corn and tomato. Phytopathology. 84:383-391.

Lewis CE.1906.The basidium of *Amanita bisporigera*. Botanical Gazette. 41(5):348–352.

Lijinsky, W, and WH Butler.1966. Purification and toxicity of AFG1. Proc. Sac. Exp. Biol. Med. 123:151.

Lindenfelser LA, EB Lillehoj and HR Burmeister.1974.Aflatoxin and trichothecene toxins: skin tumorinduction and synergistic acute toxicity in white mice. J. Natl, Cancer Inst. 52:113-116

Logrieco A, Moretti A, and Castella G.1998. "Beauvericin Production by Fusarium Species". Appl Environ Microbiol 64 (8): 3084–3088.

Madhook M.2007. *Amanita bisporigera*. Ingestion and death from mistaken identity. Minnesota Medicine (Minnesota Medical Association). 90(9):48–50.

Marasas WF.2001.Discovery and occurrence of the fumonisins: A historical perspective". Environ Health Perspect. 109(2):239–43.

McLaughlin, JE, MA Bin-Umer, A Tortora, N Mendeze, S McCormick, NE Tumer. 2009. A genome-wide screen in *Saccharomyces cerevisiae* reveals a critical role for the mitochondria in the toxicity of a trichothecene mycotoxin. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 106, 21883–21888.

McLean, M. 1996.The phytotoxicity of Fusarium metabolites: An update since 1989. Mycopathologia.133:163–179.

McMahon, G., L Hanson, J Lee, and GN Wogan.1986. Proc. Natl. Acad. Sci. 83:9418-9422.

Merrill JR., A.H., MC Sullards, E Wang, KA Voss, RT Riley.2001. Sphingolipid metabolism: roles in signal transduction and disruption by fumonisins". Environmental Health Perspectives. 109:283–289.

Michelot D, and LM Melendez-Howell.2003.*Amanita muscaria*: chemistry, biology, toxicology, and ethnomycology.Mycological Research. 107(2):131-46.

Minervini F, F Fornelli, and KM Flynn.2004. Toxicity and apoptosis induced by the mycotoxins nivalenol, deoxynivalenol and fumonisin B1 in a human erythroleukemia cell line. Toxicol In Vitro. 18(1):21-28.

Mizuno S,.1975. Mechanism of inhbition of protein systhesis initiation by diacetoxyscirpenol and fusarenon X in the reticulocyte lysate system. Biochemical & Biophysica Acta. 383(2):207-214.

Modali, R, and SS Yang.1986 Prog. Clin. Biol. Res. 207:147-158.

Moon EY, JJ Han, DK Rhee, and S Pyo.1998.Aflatoxin B1 Induced Suppression Of Nitric Oxide Pro-duction In Murine Peritoneal Macrophages. J.Toxicol. Environ. Health A. 55(7):517-530.

Nagendran S, HM Hallen-Adams, JM Paper, N Aslam, and JD Walton. 2009.Reduced genomic potential for secreted plant cell-wall-degrading enzymes in the ectomycorrhizal fungus *Amanita bisporigera*, based on the secretome of *Trichoderma reesei.* Fungal Genetics and Biology. 46 5:427–435.

Ojcjus, D.M.; Zychlinsky, A; Zheng, L.M.; Young, J.D. 1991.Inophore-induced apoptosis: Role of DNA fragmentation and calcium fluxes. Exp. Cell Res. 197:43–49.

Onji Y., Y Dohi, Y Aoki, T Moriyama, H Nagami, M Uno, T Tanaka, and Y Yamazoe.1989.Deepoxynivalenol: a new metabolite of nivalenol found in the excreta of orally administered rats. J. Agric. Food Chem. 37:478-481.

Pace, J.G, MR Watts, and WJ Canterbury.1988. T-2 mycotoxin inhibits mitochondrial protein synthesis. Toxicon. 26:77–85.

Palma N.2007.Ochratoxin A-Induced Mutagenesis in Mammalian Cells Is Consistent with the Production of Oxidative Stress. Chemical Research in Toxicology. 20(7):1031–1037.

Pažoutová S., J Olšovská, M Linka, R Kolí nská, and M Flieger.2000. Chemoraces and habitat specialization of *Claviceps purpurea* populations. Applied and Environmental Microbiology. 66:5419-5425.

Pfohl-Leszkowicz A, and RA Manderville.2007.Ochratoxin A: An overview on toxicity and carcinogenicity in animals and humans. Mol Nutr Food Res. 51(1):61–99.

Prelusky, DB., HL Trenholm, GA Lawrence, and PM Scott.1984. Nontransmission of deoxynivalenol (vomitoxin) to milk following oral administration to dairy cows. J. Environ. Sci. Health B. 19:593–609.

Proctor, R.H, TM Hohn, and SP McCormick.1995. Reduced virulence of *Gibberella zeae* caused by disruption of a trichothecene toxin biosynthetic gene. Mol. Plant-Microbe Interact. 61:1923–1930.

Que, F.G.; Gores, G.I.; LaRusso, N.F. 1997.Development and initial application of an in vitro model of apoptosis in rodent cholangiocytes. Am. J. Phys.272:106–115.

Rafai, P., A Bata, A Vanyi, Z Papp, E Brydl, L Jakab, S Tuboly, and E Tury.1995. Effect of various levels of T-2 toxin on the clinical status, performance and metabolism of growing pigs. Vet. Rec. 136:485-489.

Rastogi S, RK Dogra, SK Khanna, and M Das.2006. Skin tumorigenic potential of aflatoxin B1 in mice. Food Chem. Toxicol. 44(5):670-677.

Richard JL,.1999.The occurrence of ochratoxin A in dust collected from a problem household. Mycopathologia. 146(2):99–103.

Riley, RT., and KAVoss.2006. Differential sensitivity of rat kidney and liver to fumonisin toxicity: organ-specific differences in toxin accumulation and sphingoid base metabolism. Toxicol. Sci. 92(1): 335–345.

Rizzo, A., R Atroshi, T Hirvi, and H Saloniemi.1992. The hemolytic activity of deoxynivalenol and T2-toxin. Nat. Toxins. 1:106-110.

Robert W. Wannemacher, JR, PhD and Stanley L. Wiener, MD, Chapter 34, "Trichothecene Mycotoxins," of Medical Aspects Of Chemical And Biological Warfare, FR Sidell MD, E.T. Takafuji MD MPH, David R. Franz DVM, PhD, eds, part of the Textbook of Military Medicine series, Office of The Surgeon General, Department of the Army, United States of America.

Schroeder H.W. and W.H. Kelton.1975. Production of Sterigmatocystin by Some Species of the Genus Aspergillus and Its Toxicity to Chicken Embryos. Appl Microbiol. 30(4):589–591.

Seegers, JC, LH Bohmer, MC Kruger, ML Lottering, and M Kock. 1994. A comparative study of ochratoxin A-induced apoptosis in hamster kidney and HeLa cells. Toxicology and Applied Pharmacology. 129:1-11.

Shinozuka J, M Suzuki, N Noguchi, T Sugimoto, K Uetsuka, H Nakayama, and K Doi.1998. T-2 toxin-induced apoptosis in hematopoietic tissues of mice. Toxicol. Pathol. 26:674-678.

Smith, J.E. and M.O Moss.1985. Mycotoxins, formation, analysis and significance. John Wiley and Sons,New York.

Stockmann H, and K Savolainen.2008. A review of the toxic effects and mechanisms of action of fumonisin B1. Human & Experimental Toxicology. 27(11):799–809.

Tegzes, JH, and B Puschner.2002. Amanita mushroom poisoning: efficacy of aggressive treatment of two dogs. Veterinary and Human Toxicology. 44(2):96–99.

Theobald W, O Büch, HA Kunz, P Krupp, EG Stenger, H Heimann. 1968. Pharmacological and experimental psychological studies with 2 components of fly agaric *Amanita muscaria* (in German). Arzneimittelforschung. 18(3):311–315.

Trail F, N Mahanti, and J Linz.1995. Molecular biology of aflatoxin biosynthesis. Microbiol. 141:755-765.

Tudzynski P, T Correia, and U Keller.2001. Biotechnology and genetics of ergot alkaloids. Appl. Microbiol. Biotechnol. 57 (5-6): 4593–4605.

Ueno Y,.1988. Toxicology of trichothecene mycotoxins. ISI Atlas Sci. Pharm. 2:121–124.

Ueno Y.1985. The toxicology of mycotoxins. CRC Crit Rev. Toxicol. 14:99-132.

Ueno, Y, and H Matsumoto.1975. Inactivation of some thiol-enzymes by trichothecene mycotoxins from Fusarium species. Chem. Pharm. Bull. 23:2439–2442.

Ueno, Y. 1985. The toxicology of mycotoxins. Crit. Rev. Toxicol. 14:99–132.

Valenta H, and S Dänicke.2005. Study on the transmission of deoxynivalenol and de-epoxy-deoxynivalenol into eggs of laying hens using a high-performance liquid chromatography-ultraviolet method with clean-up by immunoaffinity columns. Mol Nutr Food Res. 49(8):779-85.

Vetter, J.1998. Toxins of Amanita phalloides. Toxicon. 36(1):13–24. Payne GA. 1992. Aflatoxin in maize. Crit.Rev. Plant Sci. 10(5):423–440.

WHO.1990.Selected mycotoxins: Ochratoxins, Trichothecenes, Ergot. Environment Health Criteria 105. Geneva.

Wicklow DT, BW Horn, WR Burg, and RJ Cole.1984. Sclerotium dispersal of *Aspergillus flavus* and *Eupenicillium ochrasalmonellln* from maize during harvest. Trans. Br. Mycol. Soc. 83:299-303.

Zöllner P, and M Bernhard.2006. Trace mycotoxin analysis in complex biological and food matrices by liquid chromatography–atmospheric pressure ionisation mass spectrometry. Journal of Chromatography .1136 (2):123–169.

الفصل الرابع

طرق أخذ العينات

الوحدة الأساسية للنموذج

العينات الثابتة Static Lots

العينات المتحركة Dynamic Lots

طحن العينات

الأستخلاص

الطريقة الأولى الإستخلاص من مادة سائلة

الطريقة الثانية: الإستخلاص بأستخدام أجهزة أستخلاص الميكانيكية

الطريقة الثالثة: أستخدام موجات المايكروويف

الطريقة الرابعة: أستخدام الموجات الفوق الصوتية

تنظيف العينة من الشوائب

Solid-Phase Extraction (SPE)

(MSPD) Matrix solid phase dispersion

أعمدة الفصل المناعية Immunoaffinity chromatography (IAC)

الأعمدة المناعية فائقة الترشيح Immuno-ultrafiltration (IUF)

Sol-Gel-Based Immunoaffinity Chromatography

Molecular Imprinted Polymers (MIP)

Aptamers

طرق الكشف عن السموم الفطرية

الطرق الكروماتوكرافية Chromatography Methods

كروماتوكرافي ذو الطبقة الرقيقة Thin-Layer Chromatography(TLC)

كروماتوكرافي الغازي Gas-Solid Chromatography (GC)

كروماتوكرافي الغازي–السائل Gas-Liquid Chromatography (GLC)

جهاز كروماتوكرافي السائل Liquid-Liquid Chromatography

كروماتوكرافي الضغط السائل ذو الاداء العالي High-Performance (HPLC) Liquid Chromatography

الطرق السيرولوجية

تقنية اليزا Enzyme Linked Immuno-Sorbent Assay (ELISA)

الأشرطة المناعية Immune Strip

تفاعل السلسلة المتبلمر **Polymerase Chain Reaction (PCR)**

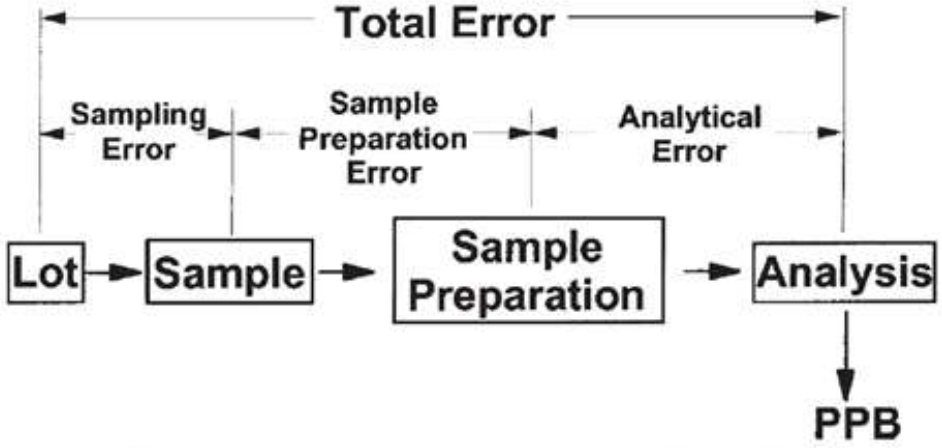
طرق أخذ العينات Sampling

تعتبر طريقة أخذ العينة الممثلة للمجتمع خطوة من أهم خطوات التحليل للحصول على نتائج حقيقية دقيقة, إن أخذ النموذج بطريقة سليمة وصحيحة سوف يعطي صورة حقيقية عن مقدار مستوى التلوث بالسموم الفطرية في الشحنة المراد فحصها. تتميز طبيعة إنتشار وتوزيع مستويات التلوث بالسموم الفطرية في المحاصيل الزراعية المخزنة كالحبوب أو الاعلاف غير متناسق وموزع بصورة غير منتظمة, أي بمعنى أخر أنه يمكن أن يتواجد السم بتركيز عالية جدا في أسفل الكومة أو جانبها وغير متواجد في اماكن أخرى, مع العلم إن طريقة تخزين الحبوب في العراق تكون على شكل أكوام في المخازن, أي إن السم لا يتوزع بشكل متناسق, اذ يوجد السم في الأماكن التي ينشط وينمو فيها الفطر السام, وينتج السم في نفس المكان. لذا يجب تحري الدقة في عملية أخذ العينة لكي تكون ممثلة وتعطي نتيجة حقيقية دقيقة.

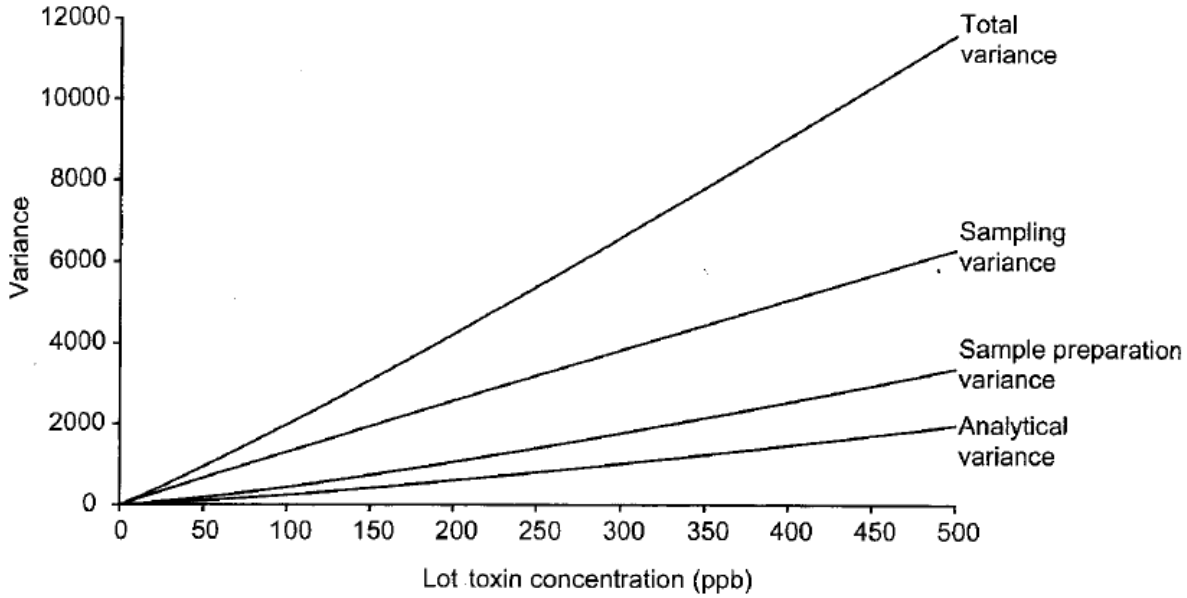
صممت طرق لإخذ العينات للحد من الخطأ الناجم عن أخذ العينة, لكونه يعتبر الخطوة الاولى والمهمة لكي تعطي النتائج الصحيحة, وفي حال وقوع خطأ في أخذ العينة فهذا يشكل خطأ كبير قد تصل نسبته الى حوالي 90% من النتيجة المستحصلة من التحليل. لذا وضعت قوانين تحدد حجم وكمية العينة المأخوذة وعددها, حيث ان حجم وكمية المحصول أو المادة المراد فحصها يحدد عدد العينات الماخوذة وحجمها. كما يؤخذ بنظر الاعتبار نوع السم

المراد الكشف عنه فمثلا سموم الافلاتوكسينات المنتجة من قبل الفطر Aspergillus يكون توزيعها في مخازن الحبوب بشكل بقع محددة, فقد تكون في أعلى الكومة أو جانبها أو اسفلها, أما السموم المنتجة من قبل الفطر Fusarium كسموم الفيومونوزين والترايكوثسين يكون توزيعها متناسق في الكومة.

هناك خطا يحصل خلال خطوات اخذ العينات وتحضيرها وتحليلها, لكن يعتبر هذا الخطأ غير مقصود وغير محسوس يجب ان يؤخذ بنظر الأعتبار, يرتكبه العامل أو الباحث عند أخذ العينة ومجموع هذه الأخطاء سوف يؤدي بالنتيجة الى إعطاء قراءة خاطئة.

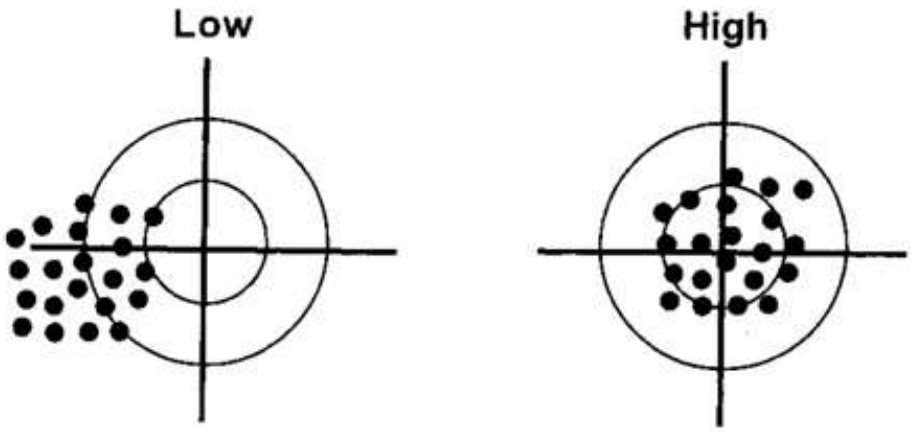


انواع الاخطاء التي يقع فيها المحلل عند الكشف عن السموم الفطرية



شكل يوضح الأخطاء التي يقع فيها المحلل اثناء عمليات التحليل نتيجة الاختلافات في أخذ العينة وتحضيرها وتحليلها.

يمكن تقليل هذا النوع من الخطأ وذلك بزيادة حجم العينات الرئيسية, وزيادة عدد العينات الثانوية المأخوذة من العينة الرئيسية, وإستخدام الأجهزة ذات الحساسية العالية في الكشف عن السموم الفطرية, كل هذه العمليات تؤدي بالنهاية إلى تقليل الخطأ إلى أقل حد ممكن. هناك عاملين يجب أن يؤخذ بنظر الأعتبار الـــ Accuracy وهو مقياس قيم (تركيز السم) للعينات الى القيمة الحقيقية الموجودة الكومة Lot, حيث يجب أن تكون قيم تركيز السم في العينات المأخوذة مقاربة الى أكبر حد ممكن الى القيمة الحقيقية لكي تكون العينة ممثلة تمثيل حقيقي وتعطي نتيجة حقيقية. والأمر الثاني الـــ Precision وهو مقياس تقارب القيم (تركيز السم) في العينات المأخوذة من الكومة Lot, إذ يجب أن تكون العينات الماخوذة متقاربة في محتواها من قيم تركيز السم فيها, فكلما كانت القيم متقاربة في العينات, تكون العينة ممثلة بشكل جيد.



شكل يوضح قيم (تركيز السم) في العينات الى القيمة الحقيقية في الكومة Lot. الصورة على اليمين قيم العينات مقاربة الى القيمة الحقيقية في الكومة. الصورة على اليسار قيم العينات غير حقيقية (خاطئة).

ويمكن حسابها رياضيا لمقدار الـــ Accuracy حسب المعادلة الأتية:

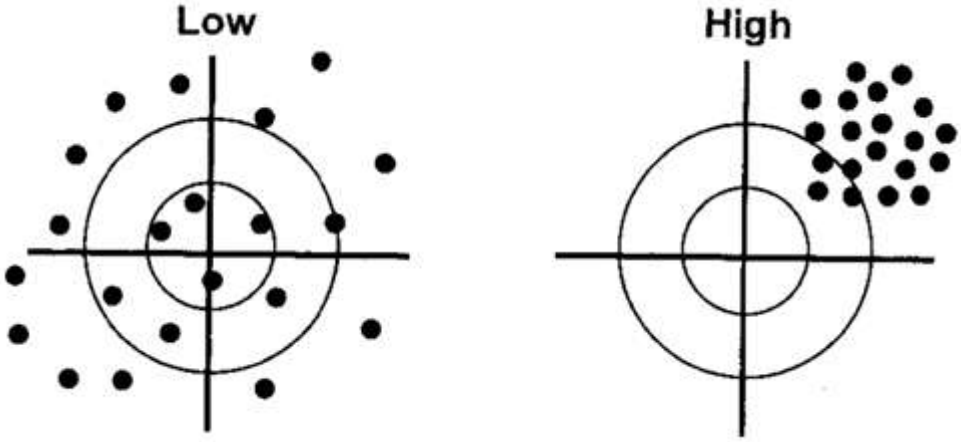
$$A = U - [SUM (X.)/n]$$

A =Accuracy

U =true value القيم الحقيقية

X1=معدل قيم المحسوبة

n =عدد العينات



شكل يوضح التغاير في قيم (تركيز السم) في العينات. الصورة على اليمين العينات متقاربة في قيم تركيز السم. الصورة على اليسار العينات غير متقاربة وهذا يعطي تغاير عالي (CV).

ويمكن حساب قيم مقدار الـــ Precision رياضيا حسب المعادلة الاتية:

$V = [SUM_i (x_i - m)^2/(n-1)]$

$i = 1,2,\ldots,n$

$S=\sqrt{V}$

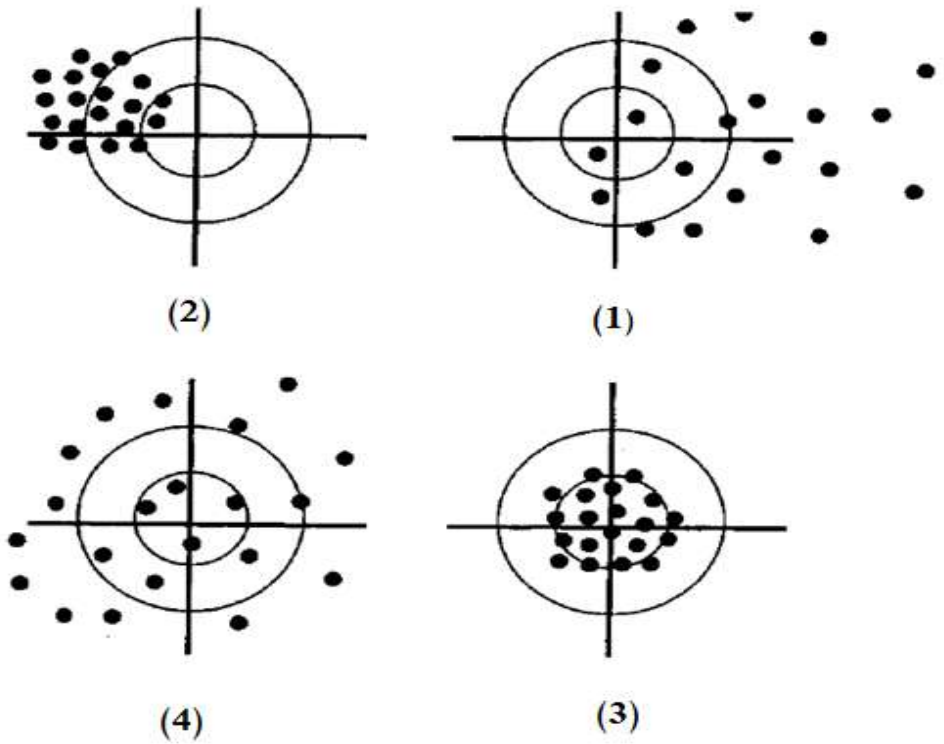
$CV = 100 \times (S/m)$

V= التغاير

S= الأنحراف المعياري

CV= معامل الأختلاف

فقد تكون العينات غير متقاربة في محتواها من السم (تغاير عالي) وغير ممثلة لتركيز القيمة الحقيقية في الكومة (Lot), فتمثل الحاله رقم 1. أما إذا كانت العينات متقاربة في محتواها من السم لكن قيمة تركيز السم فيها غير ممثل للكومة, فتمثل الحاله رقم 2. وقد تكون قيمة محتوى تركيز السم في العينات متقارب وقيمة تركيز السم في العينات مقارب لما هو في الكومة, ويعد هذا النوع من العينات الأفضل في اعطاء قيمة حقيقية للسم في الكومة, فتمثل الحالة رقم 3. أما الحالة رقم 4 فيكون تركيز السم في العينات غير متقارب وقيمة تركيز السم مقارب لما هو في الكومة .



حالات توزيع قيم تراكيز السموم الفطرية في الكومة (Lot) في المخزن أو السايلو.

هناك عدة إعتبارات ومصطلحات التي يجب أن يتعرف عليها القارىء أو الباحث:

الوحدة الأساسية للنموذج Itemi

هي أصغر وحدة تركيبية للمادة (مكون العينة) مثال محصول الذرة الصفراء أو القمح أو شعير وغيرها (حبة) , وحليب (قطرة أو مل).

الكومة Lot

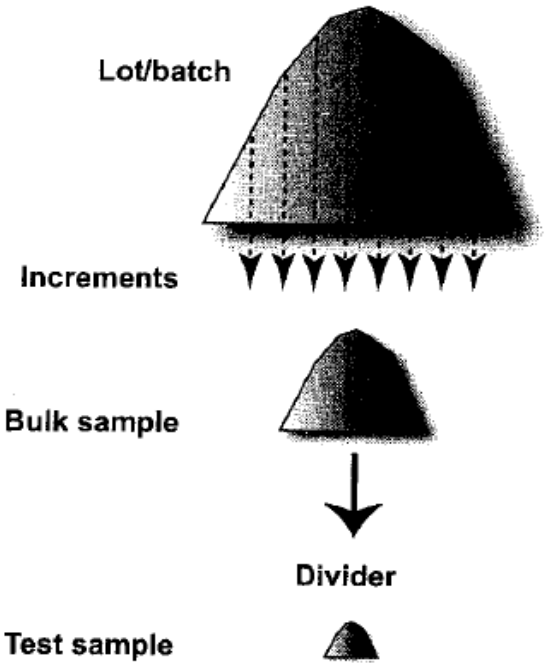
وهو عبارة عن مجموعة المكون الاساسي للنموذج Itemi.

النموذج Sample

عبارة عن جزء من الــ Lot على أن يكون هذا الجزء ممثل للــ Lot ويحوي على الــ Itemi.

تجزئة العينة Sub sample

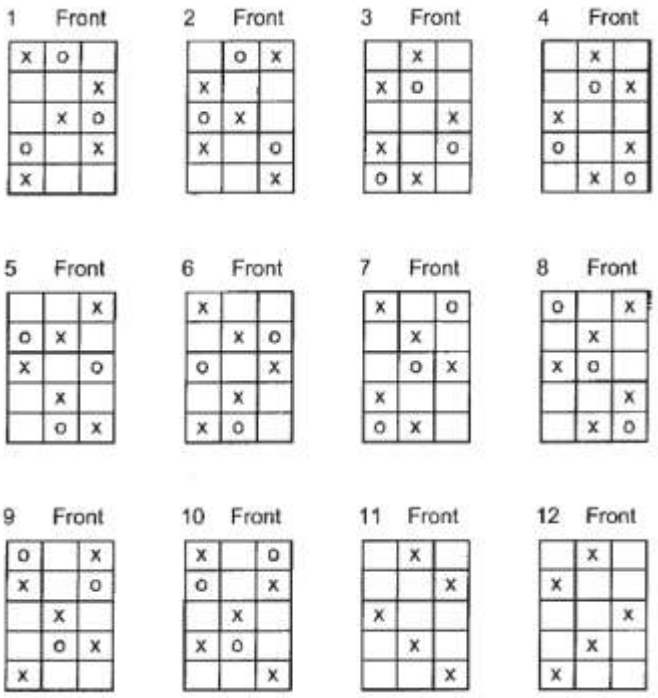
وهو عملية تجزء للــعينة sample واخذ عينات منها, حيث يجب أن تكون ممثله للعينة.



شكل يوضح كيفية أخذ العينة وتجزئتها من الكومة لأجراء تحليل السموم الفطرية.

يتم أخذ العينات من المحصول الذي يراد فحص تواجد السموم الفطرية فيه بطريقتين:-

العينات الثابتة Static Lots: وهي من الطرق الشائعة في أخذ العينات من الأكياس أو الحاويات الصغيرة أو أكوام الحبوب, يتم اخذ العينات بواسطة آلة تسمى الـــ Probe المسبار. ويجب أن يكون بالطول الكافي لأخذ عينات من المناطق العميقة داخل كومة الحبوب, كما يراعى في إختيار المسبار حجم المادة الاساسية المكونة للعينة (حجم الحبوب). وضعت قوانين لكمية العينة الماخوذة حسب حجم الـــ Lot وعدد العينات والحجم النهائي للعينة, ويكون ذلك حسب وزن الكومة أو المادة المراد فحصها. حيث يؤخذ 200 غم لكل 200 كغم و5 كغم لكل 25 طن بواقع 25 عينة بوزن 200 غم وهكذا. تؤخذ العينات بشكل عشوائي أو بوضع نموذج قياسي لأخذ النماذج.



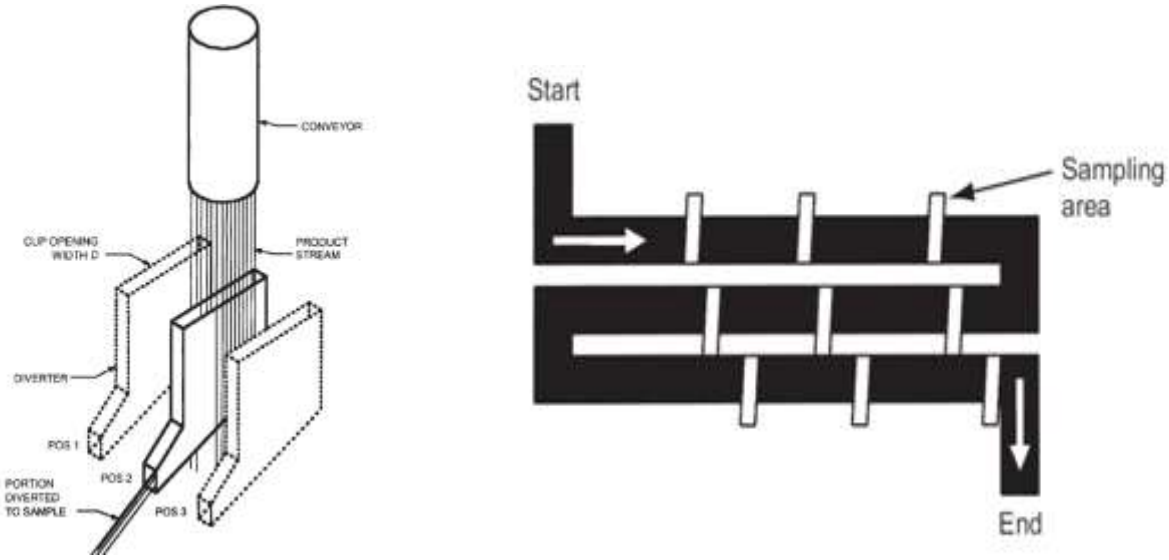
.X= 5 prob patterns , X+0=8 prob patterns

النموذج القياسي لأخذ النماذج من المادة المراد فحصها.

المسبار المستخدم في أخذ عينات الحبوب في السايلوات بأشكال وأحجام مختلفة.

العينات المتحركة Dynamic Lots**:** ويتم أخذ العينات بهذه الطريقة أثناء تفريغ الحاصل في السايلو بواسطة آلة تجمع العينات وتكون على شكل انبوب محسوب القطر, اذ يقطع أنبوب تفريغ الحبوب في مكان خاص لتفريغ الحبوب ويجمع العينات بأوقات محددة وحسب المعطيات المطلوبة. حيث إذا كان معدل تفريغ الحبوب 1000 كغم/دقيقة فخلال كل 30

دقيقة يتم قطع أنبوب تفريغ الحبوب بواسطة آلة الجمع 3-4 مرات لجمع العينات. وتكون العينات المجموعة بهذه الطريقة كبيرة مقارنة بالطريقة السابقة وتقدر بالكيلوغرامات. أما إذا كانت المحصول المراد أخذ العينات منه ينقل على أحزمة ناقلة, تؤخذ العينات من فتحات بقطر ثابت موجودة في مناطق محددة على الأحزمة الناقلة تأخذ العينات بأوقات محددة كل 15 او 30 دقيقة وتجمعها في حاويات خاصة للجمع.



جهاز أخذ العينات بطريقة Dynamic Lots سواء كانت على أحزمة ناقلة (صورة يمين) او أثناء التفريغ (صوره يسار).

تجمع العينات في أكياس أو عبوات جيدة التهوية ويسجل عليها المعلومات المطلوبة, تاريخ ومكان الجمع ونوع العينة ووزن العينة. تجلب العينات الى المختبر وتجزأ بعد خلطها جيدا لضمان تناسق العينة, توخذ عينة عشوائية ممثلة (Sub sampling) وذلك لأختزال حجم العينة, حيث يتم إختيارها بعناية, تطحن العينة جيداً ومن ثم تؤخذ عينة عشوائية لأجراء عمليات التحليل اللأحقة. هناك قوانين قياسية وضعت من قبل منظمات, كمنظمة الأغذية والعقاقير(FAD) تحدد فيها عدد العينات ووزن العينة الأولية والثانوية (Sample & sub sample) التي تؤخذ من محصول (كومة) او مادة غذائية التي يراد أختبار تواجد السموم الفطرية فيها.

جدول لانواع السموم الفطرية ومكان إنتاجها سواء في الحقل او المخزن او كليهما.

سموم فطرية حقلية		سموم فطرية مخزنية	
مجموعة سموم الـ Trichothecenes type A	T2-Toxin	مجموعة سموم الـ Ochratoxins	Ochratoxin A
	HT-2 Toxin		Ochratoxin B
	T-2 tetraol		Ochratoxin alpha
	T-2 triol	مجموعة سموم Aflatoxins	Aflatoxin B1
	DAS		Aflatoxin B2
	15 acetoxy scirpenol		Aflatoxin G1
	Verrucarol		Aflatoxin G2
مجموعة سموم الـ Trichothecenes type B	DON	مجموعة سموم Tremorgenes	Citrinin
	DOM1		Patulin
	Nivalenon		Cyclopiazonic acid
	Fusarenon X		Sterigmatocystin
	15 ac DON	سموم فطرية حقلية مخزنية	
	3 ac DON	مجموعة سموم الفطر Alternaria	Tenuazonic acid
مجموعة سموم الـ Trichothecenes type D	Roridin A	مجموعة سموم الـ Ergot قلويد	Ergocomine
	Verrucarin A		Ergocristine
مجموعة سموم الـ Zearalenone ومشتقاتة الثانوية	Zearalenone		Ergocryptine
	Alpha Zearalanone		Ergometrine
	Beta Zearalanone		Ergosine
	Alpha Zearalenone		Ergotamine
	Beta Zearalenone		
مجموعة سموم Fumonisins	Fumonisin B1		
	Fumonisins B2		
	Fumonisins B3		
سموم أخرى تابعة للفطر Fusarium	Moniliformin		

جدول يوضح المتغيرات الواجب إعتمادها عند أخذ عينة حسب تعليمات CE 401/2006.

وزن الحاصل	عدد العينات	وزن العينة/غم	حجم العينة النهائي/كغم	وزن العينة المعدة للأختبار/غم
اقل من 50 كغم	3	300	1	500
50–500 كغم	5	200	1	500
500–1000 كغم	10	100	1	500
1–3 طن	20	100	2	500
3–10 طن	40	100	4	500
10–20 طن	60	100	6	500
20–50 طن	100	100	10	500

وزن الكومة/طن	وزن الكومة الثانوية/طن	عدد العينات من كل كومة ثانوية	وزن العينات/غم	حجم العينة الكلي/كغم	وزن العينة النهائي المعدة للتحليل/غم
50–300 طن	100 طن	100	100	10	500
300–1500 طن	300 طن	100	100	10	500
اكثر من 1500 طن	500 طن	100	100	10	500

طحن العينات Samples Grinding

تطحن العينات بأستخدام مطحنة يدوية او كهربائية لأختزال حجم جزيئات العينة الى أقل حد ممكن, فكلما كانت حجم الجزيئات العينة صغير, كانت أكثر تجانسا وبالتالي تزداد كمية إسترجاع السم الفطري من العينات, كما أن كمية المذيب الداخلة في الجزيئات تكون اكفأ وبالتالي تكون عملية إستخلاص السم عالية.

عملية طحن العينات ذات الجزيئات كبيرة الحجم كالحبوب الى جزيئات اصغر.

الإستخلاص Extraction

لكي تكون عملية الإستخلاص ناجحة وكفوءة يجب أن يتوفر شرطين أساسيين, أولها أن تكون عملية الإستخلاص عالية الكفاءة والشرط الثاني أن تدخل اقل ما يمكن من المواد الكيمياوية في الأستخلاص. هناك مادتين أساسيتين تستخدم في استخلاص السموم الفطرية هما المذيبين العضويين الكلوروفورم والميثانول, ويمتاز الأخير بقابلية على سحب السموم من العينات بقوة من المواد ذات المحتوى الدهني العالي كفول الصويا وبذور القطن, أما الكلوروفورم يحدث له إستحلاب مع المركبات الدهنية مما يعيق عملية إسترجاع المذيب (كلوروفورم). أكتشف بعدها إمكانية استخدام المذيبات الأخرى في إستخلاص السموم الفطرية كالإسيتون والإسيتونتريل وثنائي كلوريد المثلين وكذلك عمل المخاليط بين المذيبات المذكوره آنفا مع الماء وبنسب تختلف حسب نوع السم الفطري المستهدف. كشفت العديد من الدراسات الى إن المذيب العضوي كلوروفورم من المواد المسرطنة, لذا منع إستخدامه في المختبرات وابدل بأنواع مذيبات الاخرى. بالنسبة للعينات التي تحوي في مكوناتها على الدهون والزيوت يستخدم المذيب العضوي هكسان أو بتروليوم إيثر لأزالة الدهون والزيوت من العينات المراد إستخلاص السموم الفطرية منها قبل بدأ عملية الاستخلاص. هناك بعض المواد الكيميائية قد تضاف مع عملية الإستخلاص مثل كلوريد الصوديوم وكلوريد البوتاسيوم

كمواد مانعة للإستحلاب. أن إختيار نوع المذيب العضوي الذي يستخدم في عملية إستخلاص السموم الفطرية عامل رئيسي في نجاح عملية الإستخلاص, ويعتمد ذلك على قطبية السم المراد إستخلاصه, كما أن درجة حموضة وسط الإستخلاص من العوامل المهمة في نجاح عملية استخلاص السموم وخاصة القطبية منها. كما يجب أن يتميز المذيب بكونة غير سام ويمكن إسترجاعة بسرعة, كما يتميز بكونة مستقر حراريا ولا يتفاعل مع المركبات المراد إستخلاصها وأن يكون شفاف وخصوصا عند أستخدام أجهزة لتقدير السموم الفطرية التي تعتمد على الأمتصاص الضوئي. وعند إستخلاص السموم الفطرية من العينات السائلة يجب إختيار المذيب الذي لا يمتزج في العينة.

هناك طريقتين لأستخلاص السموم الفطرية من العينات المعدة للكشف عن إحتوائها على السموم الفطرية.

الطريقة الأولى: الأستخلاص من مادة سائلة (LLE) Liquid-liquid partitioning وهي طريقة قديمة تعتمد على الإستخلاص اليدوي, وذلك بأستخدام أقماع فصل زجاجية وبوجود المذيب المناسب وإتباع الطريقة المناسبة للإستخلاص. آلية العمل لفصل السموم الفطرية بهذه الطريقة هو إستخدام مذيبين لا يختلط أحداهما مع الاخر, ويكون أحدهما أكثر قطبية لذوبان السم الفطري فيه من الاخر. هذه الطريقة تستهلك كمية كبيرة من المذيبات العضوية لإتمام عملية الإستخلاص وتتطلب حجم عينة كبير نسبيا, إضافة إلى أنها تأخذ وقت طويل وجهد لإتمام عملية الإستخلاص. ويمكن إستخلاص السموم الفطرية بهذه الطريقة من العينات السائلة كالحليب أو العصائر.

الطريقة الثانية: الإستخلاص بأستخدام أجهزة أستخلاص ميكانيكية Pressurized liquid extraction/ accelerated solvent extraction (PLE), وذلك بأستخدام جهاز (ASE) Accelerated Solvent Extractor يستخدم هذا الجهاز لإستخلاص السموم الفطرية من العينات الصلبة, مميزات هذه الطريقة أنها تستخلص السموم الفطرية من العينات الصغيرة

ولا يستهلك كميات كبيرة من المذيبات العضوية إضافة إلى أختصار الوقت والجهد في عملية الإستخلاص.

شكل يوضح عملية إستخلاص السموم الفطرية بالطرق التقليدية (الصورة على اليمين). وبالطرق الميكانيكية الحديثة (الصورة على اليسار).

الطريقة الثالثة: أستخدام موجات المايكروويف Microwave assisted extraction (MAE) يستخدم في إستخلاص بعض أنواع السموم الفطرية والتي تعمل على زيادة كفاءة المذيب العضوي في إسترجاع السم من العينة من خلال تحويل الطاقة الكهرومغناطيسية الى طاقة حرارية تزيد من كفاءة الإستخلاص. تستخدم هذه الطريقة فقط للسموم الفطرية التي لا تتأثر بالحرارة العالية وموجات المايكروويف, فقد أشارت دراسة الى إمكانية أسترداد 79-92 % من سم الزيرالينون من عينات الذرة الصفراء التي يستخدم فيها هذا التكنيك مقارنة بالطرق الأخرى.

الطريقة الرابعة: أستخدام الموجات الفوق الصوتية Ultrasonic extraction (USE) في عملية إستخلاص السموم الفطرية. فقد أشارت دراسة الى أن هذه الطريقة ليست بكفاءة الطرق السابقة في الإستخلاص, لكنها تعد من طرق الإستخلاص المعمول بها. فقد وجد أن هذه الطريقة مناسبة وكفوءة في إستخلاص سم الاوكراتوكسين من أنسجة عضلات الحيوانات المختبرية مقارنة بالطرق الأخرى.

جدول يوضع بعض أنواع المذيبات العضوية المستخدمة في إستخلاص أنواع من السموم الفطرية.

نوع السم الفطري	المذيب المستخدم في الإستخلاص
سموم Aflatoxins	أسيتونتريل– ماء , ميثانول – ماء, كلوروفورم– ماء
سموم Trichothecene A	أسيتونتريل– ماء , ميثانول – ماء
سموم Trichothecene B	أسيتونتريل– ماء , كلوروفورم– ميثانول
سم Zearalenone	أثيل أسيتيت, ميثانول ,أسيتونتريل, كلوروفورم وخليط بين هذه المذيبات
سم Moniliformin	ميثانول, أسيتونتريل– ماء, ثلاثي بيوتانول هيدروكسيد الأمونيوم– ماء
سم Beauvericin	أسيتونتريل– ماء, ميثانول
سم Ochratoxin	كلوروفورم, أسيتونتريل– ماء, خليط تولوين– حامض الهيدروكلوريك– كلوريد المغنيسيوم, MTBE
سم Fumonisin	ميثانول– ماء , أسيتونتريل– ماء
سم Patulin	أثيل أستيت, أسيتون

لأستخلاص السموم الفطرية يجب معرفة الصفات الكيموفيزيائية للسم وإختيار المذيب العضوي المناسب والمادة المراد أستخلاص السم منها, والطريقة المثلى لعملية الإستخلاص. الإستخلاص من العينات الصلبة يتم من خلال خلط العينة المطحونة المراد أستخلاص السم الفطري منها بوزن معين من العينة وحجم محسوب من المذيب العضوي مع الرج أو الخلط, أما في حالة العينات السائلة فيؤخذ حجم معين من العينة ويضاف اليه 2–3 أضعاف من المذيب العضوي مع الرج. من خلال الأبحاث والدراسات التي أجريت في مجال أستخلاص

وتنقية السموم الفطرية, حددت مجموعة مذيبات عضوية ذات كفاءة عالية في أستخلاص السم المستهدف, فقد وجد أن استخدام خليط من الكلوروفورم- ماء (10:90) وأسيتونتريل- ماء (40:60) كانت الأكفاء في أستخلاص سموم الافلاتوكسينات. أما بالنسبة الى سموم الفيومونوزينات فقد وجد أن خليط الإسيتونتريل- ميثانول- ماء (50:25:25) هو الإكفأ. أما سم الـــ T2-toxin فيعد المذيب العضوي الإسيتونتريل الأمثل في إستخلاص السم حسب ما أشارت الية الدراسات. اما سم الـــ DON فقد وجد أن يمكن إستخلاصه بكفاءة عالية بأستخدام الماء فقط او الإسيتونتريل- ماء (84:16).

تنظيف العينة من الشوائب Clean up

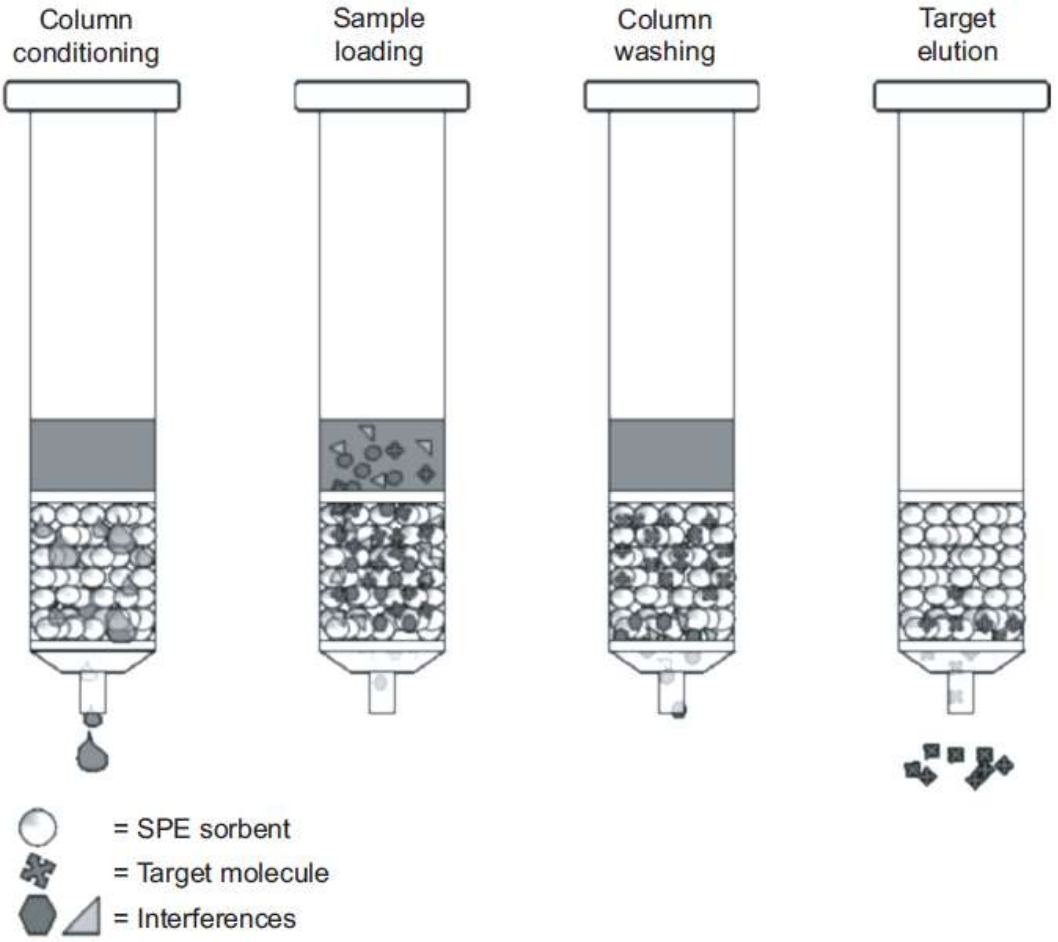
الهدف من هذه الخطوة هو تخليص العينة من الشوائب المرافقة للسم كالصبغات وبعض الجزيئات الصغيرة العالقة من العينة المستخلص منها السم. بالنسبة لعمليات الكشف بأستخدام تقانتي كروماتوكرافي الطبقة الرقيقة (TLC) واليزا (ELISA), لا تحتاج العينات بهذه الطريقة الى تنظيف, فالخطوة الأولى من عملية الإستخلاص تفي بالغرض في أغلب الحيان. أما بالنسبة لأجهزة الكروماتوكرافي الغازي GC أو الغازي السائل GLC أو كروماتوكرافي السائل ذو الأداء العالي HPLC فتعد خطوة ضرورية وحساسة جدا.

من الطرق المستخدمة في عمليات تنظيف العينات من الشوائب

Solid-Phase Extraction (SPE)

تستخدم أعمدة الفصل الكروماتوكرافي لعملية تنقية السم وتنظيفه من الشوائب, إذ تستخدم مواد خاصة لهذه الأعمدة مثل السليكا أو الألومينا أو فلورسيل أو بعض أنواع البوليمرات. يمكن أن تحضر هذه الأعمدة مختبريا بأضافة المواد المذكورة أعلاه في سحاحة زجاجية بقطر وطول معلومين, إذ تضاف على شكل طبقات وتكون طبقة من كبريتات الصوديوم اللامائية أسفل طبقة الأساس (السليكا أو الفلوروسيل...) والتي تعمل على إمتصاص الماء الموجود في النموذج. كما يجهز هذا العمود من قبل الشركات ويكون بشكل عمود صغير الحجم Mini columns كعمود C18. تكون آلية عمل هذة التقنية هو من خلال تعديل

شحن العمود (المادة الأساس) بالشحنة المناسبة بأستخدام مذيبات معينة أو مخاليطها, أو يكون الطور الثابت (المادة الأساس) مواد مستقطبة والطور المتحرك (مذيب) غير قطبي أو بالعكس. يضاف النموذج في أعلى العمود ويمكن إستخدام مضخة صغيرة لعمل تخلخل الضغط في العمود وتسريع عملية الفصل. وبأتباع خطوات خاصة بعملية تنظيف السم.



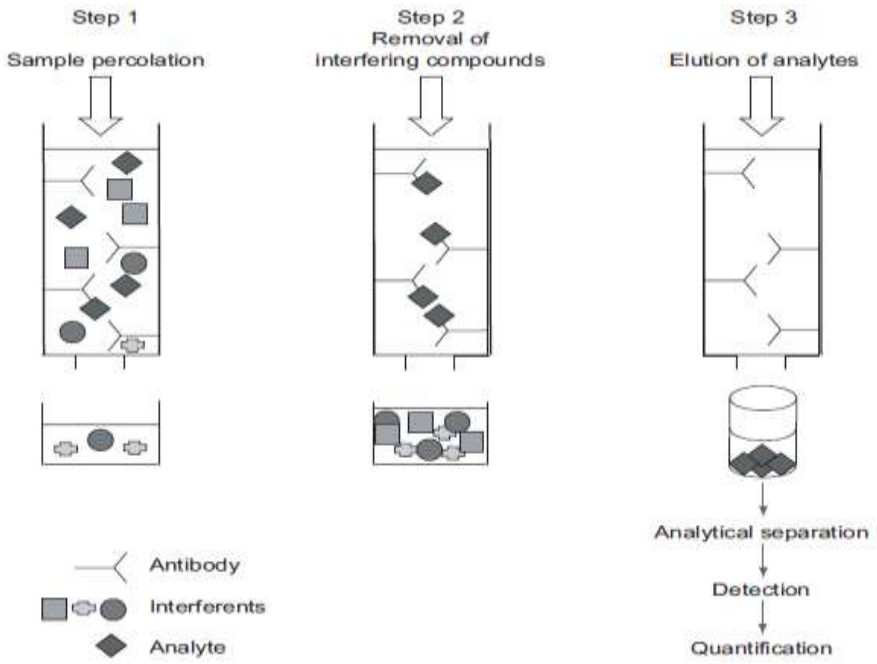
الخطوات الأساسية لإساس عمل أعمدة الفصل بأستخدام الطور الثابت الصلب.

(MSPD) Matrix solid phase dispersion

عملية الفصل بهذه الطريقة مشابة للطريقة السابقة (SPE) من إستخدام المواد والمذيبات العضوية لكن بالأختلاف في عملية تكنيك الفصل, حيث يتم خلط العينة مع الطور الثابت للعمود ومن ثم تبدأ عملية الفصل. تتميز هذه الطريقة بكونها تختزل كمية المذيبات

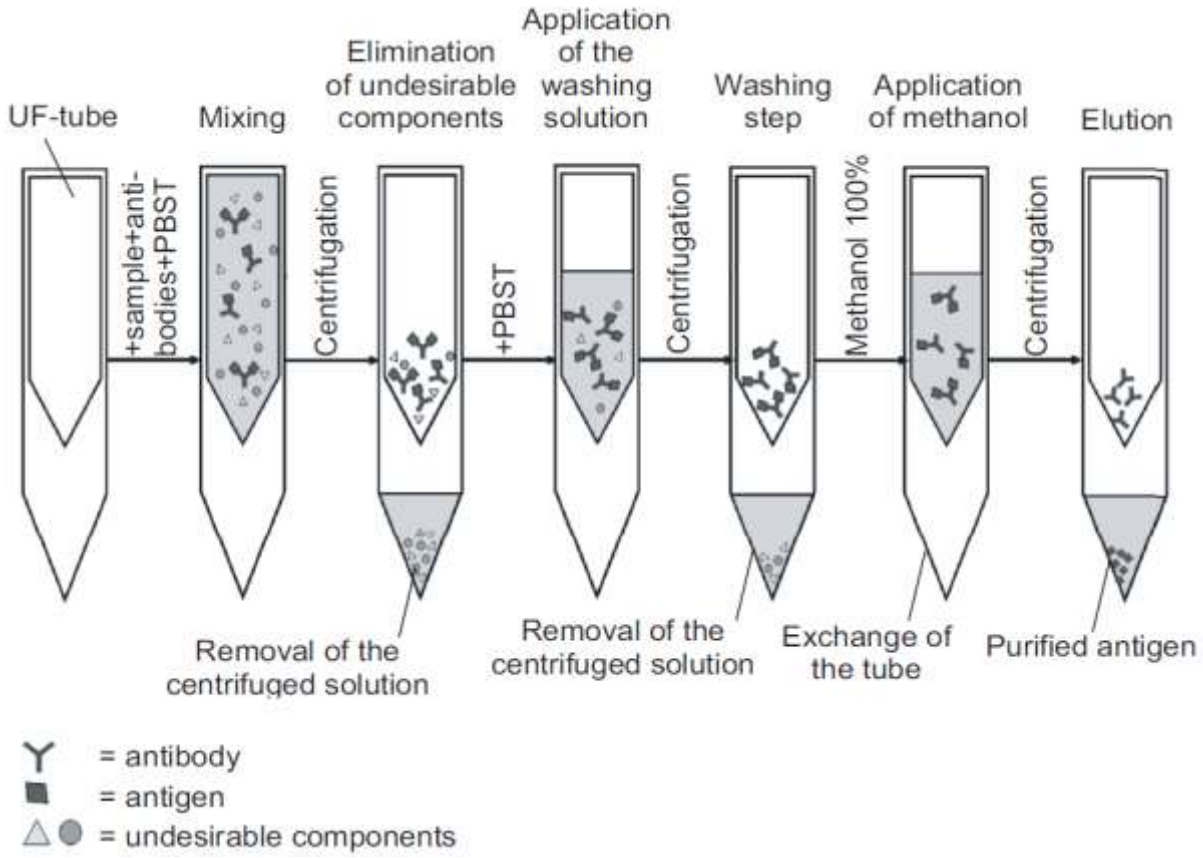
المستخدمة في عملية تنظيف النموذج ويكون التفاعل بين النموذج والمواد في العمود (المادة الأساس) اكفأ.

أعمدة الفصل المناعية Immunoaffinity chromatography (IAC) وجائت من فكرة تطوير عمود الفصل Solid-Phase Extraction . أعمدة الفصل المناعي من الأعمدة التي يعتمد أساس الفصل بهذه الطريقة على التفاعل بين الأجسام المضادة المتخصصة مع أنتجيناتها, إذ يكون التفاعل متخصص جدا, وتستخدم هذه الطريقة في تنظيف النماذج التي تحوي على خليط من السموم الفطرية ومركبات اخرى كالصبغات والشوائب. لكل سم فطري هناك عمود متخصص لعملية تنظيف وتنقية السم المستهدف. تستخدم مواد ساندة للأجسام المضادة في العمود كالسليكا او هلام السيفاروز لكي يربط (يثبت) عليها الأجسام المضادة سواء كانت وحيدة النسيل Monoclonal او متعددة النسيلة Polyclonal. عند حقن النموذج الحاوي على السم في العمود سوف يرتبط السم (Ag) مع الأجسام المضادة (Ab) المبطنة لعمود الفصل والمثبتة على مادة حاملة, وتخرج المواد الأخرى كالشوائب من الطرف الأخر, يغسل العمود بمحلول دارىء للتخلص من الشوائب, ومن ثم يحقن العمود بمواد تفك الأرتباط الحاصل بين الأجسام المضادة والأنتجين (Ab-Ag), وذلك بأستخدام المذيبات العضوية كالميثانول أو الأسيتونتريل, حيث ان لكل سم هناك المذيب الأمثل في فك إرتباط السم مع مواد عمود الفصل.



أساس عمل فصل السموم الفطرية في الأعمدة المناعية الكروماتوكرافية.

الإعمدة المناعية فائقة الترشيح Immuno-ultrafiltration (IUF) في الأونه الاخيرة تم تطوير جيل جديد من كروماتوكرافي الأعمدة المناعية. الفكرة من هذه الطريقة تعتمد على التفاعل المتخصص بين الجسم المضاد مع الأنتجين. تتميز هذه التقنية بأمكانية إسترجاع الأجسام المضادة مرة أخرى بشكل حر. يستخدم في هذه التقنية أكياس خاصة (أكياس ديلزه) تسمح بمرور الجزيئات الصغيرة ولا تسمح بمرور البروتينات (الجزيئات الكبيرة) كالأجسام المضادة, أذ تخلط الأجسام المضادة مع النموذج وتوضع في كيس ديلزه وبأستخدام الطرد المركزي وغسل النموذج بحلول دارىء عدة مرات يتم فيها التخلص من الشوائب ويبقى معقد الأجسام المضادة المرتبطة مع الأنتجين (Ab-Ag) في الكيس, وفي الخطوة الأخيرة ينفك هذا الأرتباط بأضافة المذيب العضوي ميثانول 100%, أذ يعمل على فك الأرتباط بين الأجسام المضادة والأنتجين, ويجمع الأنتجين (السم) بصورة نقية في أنابيب إختبار.

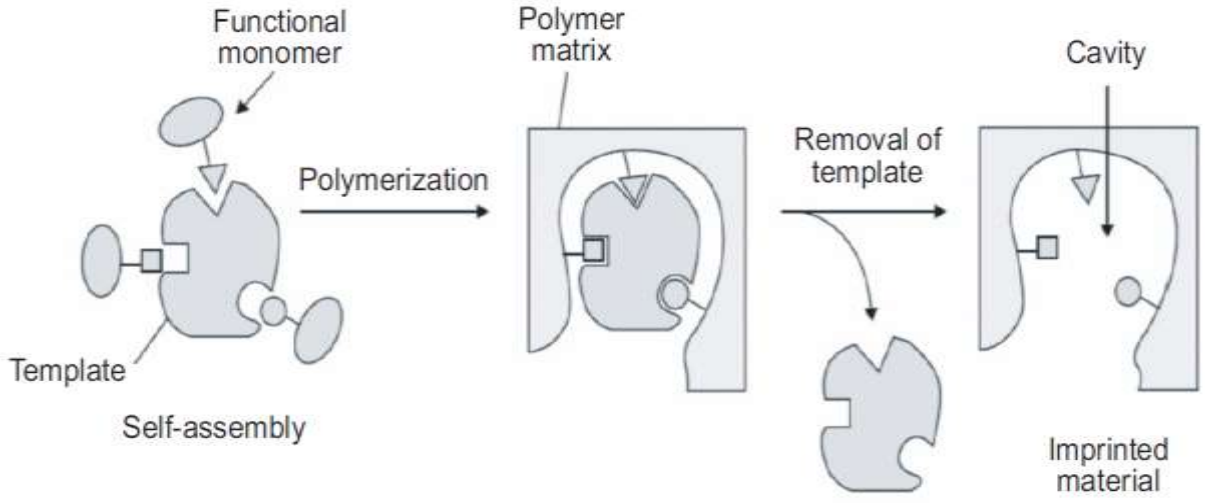


شكل يوضح طريقة أستخلاص السموم الفطرية بتقنية الأعمدة المناعية فائقة الترشيح.

Sol-Gel-Based Immunoaffinity Chromatography تعتمد هذه الطريقة على إذابة مادة الـــ Tetramethoxysilane ومن ثم يخلط معها المصل المضاد المستهدف, ويتم إزالة الطور السائل من المحلول الى أن يتحول تركيب بلوري صلب. يطحن الخليط المتبلور ويوضع في أعمدة الكروماتوكرافي المعدة للفصل. تستخدم نفس الطريقة Immunoaffinity Column في عملية تنظيف العينات لتنقية السموم الفطرية. تتميز هذه الطريقة بكونها لا تحتاج الى وقت طويل لتنظيف للنموذج, تعد ورخيصة الثمن ويمكن خزنها لفترة طويلة في درجة حرارة الغرفة, ويمكن إستخدام العمود الى حوالي 20 مرة بعد إجراء عمليات تنظيف للعمود.

Molecular Imprinted Polymers (MIP)

وتعتبر هذه التقنية نوع جديد من أعمدة الفصل Solid-Phase Extraction (SPE). حيث تعاد قولبة مواقع الفعالة التي ترتبط بالمركب الكيميائي المستهدف (سم فطري), تكون المواد كيميائية المستخدمة عبارة عن نوع من البوليمر, حيث تكون هذه المواقع الفعالة شديدة التخصص للمركب الذي صمم للأرتباط معه في هذا الموقع. تستخدم مركبات كيميائية خاصة لهذا الغرض كالـــ acrylic و vinyl polymers وpolymers ganic . بعد إزالة القالب الذي سوف يطبع شكل المواقع الفعالة للربط التي سوف تكون متخصصة جداً في تحديد المركب المستهدف والإرتباط معه. تتميز هذه البولميرات بكونها مستقرة ويمكن إستخدامها في أكثر من إختبار واحد, إضافة الى إنخفاض كلفتها.

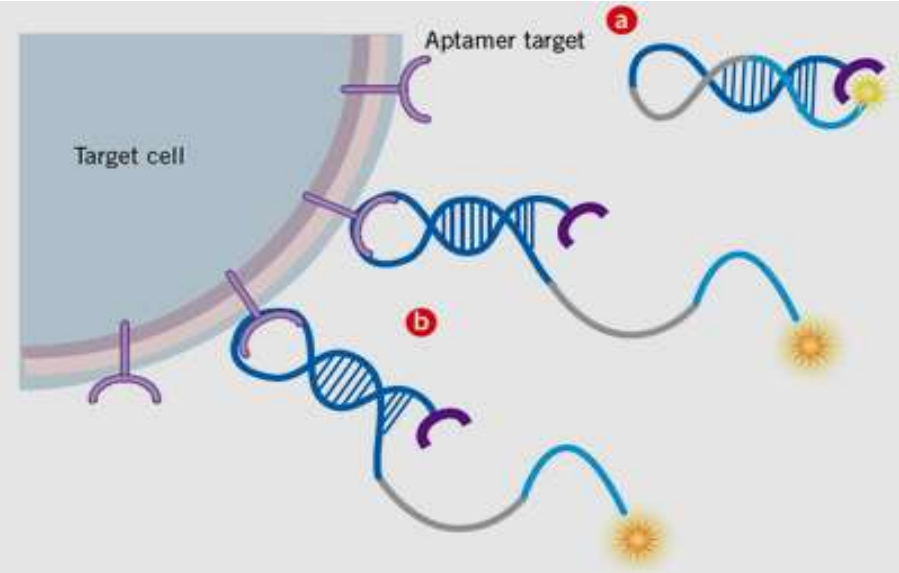


شكل يوضح آلية عمل وقولبة المواقع الفعالة في مادة البوليمر.

Aptamers

هي عباره عن شريط مفرد من الحامض النووي DNA او RNA قادرة على تشخيص والإرتباط مع الهدف المصمم لأجله. حيث تصمم الـــ Aptamers في المختبر من نيوكلتيدات مفردة وتصنع بأستخدام تقانة الـــ PCR. تتميز هذه التقنية كونه مستقر وآلية

تصنيعة سريعة جدا مقارنة بالتقنية التي تستخدم فيها الأجسام المضادة. كما يمكن من السهولة ربطها مع مركبات كيميائية كاشفة مثل الصبغات المتألقة لتسهيل عملية الكشف. كما يمكن تعبئتها في أعمدة لأستخدامها في عملية الفصل وتنظيف النماذج.



شكل يوضح آلية عمل الــ Aptamers.

طرق الكشف عن السموم الفطرية: Detection of Mycotoxin Methods

الطرق الكروماتوكرافية Chromatography Methods

كروماتوكرافي ذو الطبقة الرقيقة Thin-Layer Chromatography(TLC)

تعتبر أول تقنية أستخدمت في فصل المركبات الكيميائية منذ عام 1958 بشكل نقي ومنها السموم الفطرية, ولايزال يستخدم في المختبرات كتحليل روتيني وخاصة البلدان النامية, يتم فصل المركبات على شرائح الالمنيوم أو الزجاج المطلية بطبقة رقيقة من هلام السليكا أو أوكسيد الألمنيوم أو الكيسلكول, يستخدم نظام فصل مكون من خليط من المذيبات العضوية مثل الأسيتون:كلوروفورم (1+9) أو بنزين:ميثانول:حامض الخليك (90+5+5) أو الأيثر: الميثانول:الماء (96+3+1) أو كلوروفورم:الأيزوبروبانول (99+1). يعتبر تحليل الــ TLC من الأختبارات التي تعتمد على المعايير اللونية التي تشاهد بالعين المجردة لتحديد المركب

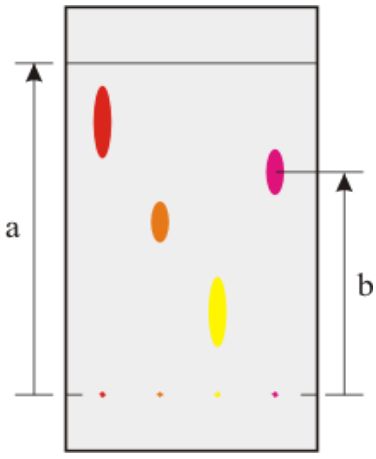
نوعيا وتعتبر طريقة وشبه كمية. يتم الكشف عن السموم الفطرية بأستخدام الأشعة فوق بنفسجية, حيث تتألق بعض أنواع السموم الفطرية التي لها القابلية على التفلور تحت الاشعة فوق بنفسجية عند التعرض لها بشكل مباشر كسموم الافلاتوكسينات والأوكراتوكسين والزيرالينون والباتيلوين والسترنين, أو من خلال رش شرائح هلام السيلكا بالمحاليل الكاشفة كالـــ Alcl3, ومن ثم تسخين الشريحة الى120م°, أو رشها بمحلول حامض الكبريتيك أو محلول Panisaldehyde أو محلول Ninhydrin مع التسخين الى120م°. آلية عمل نظام الفصل بهذه التقنية للمركبات الكيميائية يعتمد على حسب درجة ذوبانها بالطور المتحرك (المذيب) وإدمصاصها على الطور الثابت (السليكا). تستخدم هذه الطريقة للتقدير النوعي للمركب من خلال حساب قيمة معامل الجريان(Rf) للمركب, وطريقة للتقدير شبه الكمي للمركبات الكيميائية المستهدفة من خلال إعتماد قياس حجم البقعة وشدة تألقها أو لونها.

تتميز هذه التقنية بأنها طريقة سريعة وسهلة الأستعمال ورخيصة بالمقارنة مع بالتقنيات الأخرى في الكشف غن السموم الفطرية, ولا يحتاج الى أجهزة معقدة أو تدريب مكثف, لكن من عيولها إنها لا يمكنها التحسس والكشف عن التراكيز القليلة من السم اقل من 1 ميكغم/كغم. يمكن حساب قيمة معدل الجريان المركب *Rf* من خلال المعادلة الاتية:

$Rf = b/a$

b= المسافة التي يقطعها المركب من نقطة الأصل الى مكان إسقراره

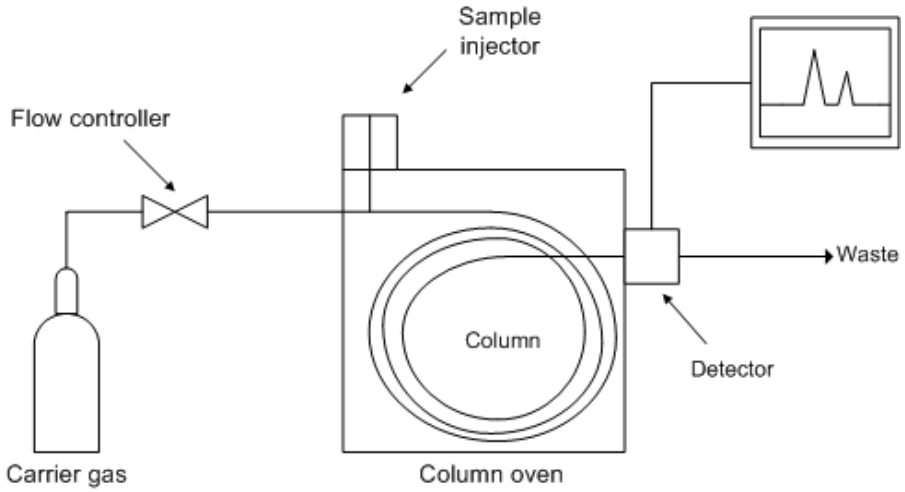
a= المسافة التي يقطعها المذيب من نقطة الأصل الى الكان الذي يصل اليه المذيب أعلى الشريحة



صورة على اليمين صفيحة TLC المستخدمة في فصل المركبات الكيميائية. الصورة على اليسار صندوق الفصل التي تتم فيه عملية فصل المركبات الكيميائية.

كروماتوكرافي الغازي Gas-Solid Chromatography (GC)

تستخدم هذه التقانة في الكشف عن السموم الفطرية التي لها القابلية على التحول إلى مركبات غازية أثناء تعريضها لدرجات حرارة عالية, حيث ينقلها الغاز المستخدم (غاز خامل كالهايدروجين أو الهليوم أو النايتروجين) ويطلق علية الطور المتحرك خلال الطور الثابت وهو عبارة عن مادة صلبة كالألومينا أو هلام السليكا أو الفحم. ان ميكانيكية الفصل والتجزئة لهذه التقانة هو الأمتزاز الأنتقائي الجزيئي للمركبات على سطح الطور الثابت الصلب, ومن خلال حساب زمن الأحتجاز Retention time وهو الزمن المحدد من حقن النموذج في الجهاز الى ظهور أول منحني على الورق البياني, وبالمقارنة مع فترة الأحتجاز لظهور منحني المادة القياسية يتم معرفة نوع المركب, أذ إن لكل مركب زمن احتجاز خاص به كما هو الحال في حساب قيمة الـــ *Rf* في تقنية كروماتوكرافي الطبقة الرقيقة. يتم تقدير الكمي للمركب من خلال قياس مساحة وأرتفاع المنحنى للمركب المستهدف بمعادلات رياضية خاصة. تستخدم متحسسات خاصة للتقدير الكمي والنوعي للمركب المستهدف, تسجل البيانات على ورق بياني على شكل منحنيات, من أنواع هذه المتحسسات وحدة التوصيل الكهربائي و وحدة اللهب الهيدروجيني و وحدة اللاقط الكهربائي وغيرها. تميز هذه الطريقة بدقتها وتحتاج العينة إلى تهيئة وتحضيرات خاصة قبل حقنها بالجهاز, النتائج دقيقة نسبيا مقارنة بالطريقة السابقة لكنها معقدة ومكلفة.

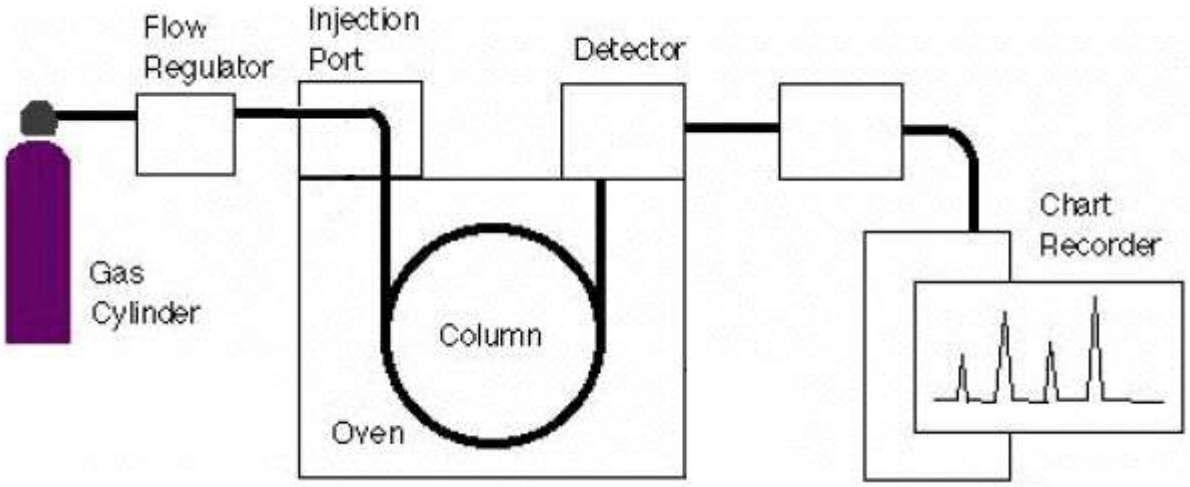


رسم تخطيطي لجهاز كروماتوكرافي الغازي GC.

كروماتوكرافي الغازي–السائل Gas-Liquid Chromatography (GLC)

تعتبر نفس التقنية السابقة لكن الاختلاف هو في الطور الثابت الذي يكون على شكل سائل محمول على مادة صلبة مثل السيلايت (Celite) والفلوروباك (Fluoropak) والأناكروم (Anakrom) والكروموسورب (Chromosorb), تتميز هذه المواد بكونها خاملة ولها خاصية توزيع للطور الثابت السائل حول دقائق هذه المواد وبشكل متجانس, والطور المتحرك هو غاز خامل كالهيدروجين أو النتروجين أو الهليوم. يتميز الطور الثابت السائل بكونه غير متطاير تحت ظروف درجات حرارة الجهاز, ويجب أن يتم اختيار الطور الثابت السائل حسب المركب المراد فصله, فاذا كان المركب قطبي يجب أستخدام طور ثابت قطبي. ميكانيكية الفصل تعتمد على مقدار توزيع جزيئات النموذج وذوبانها بين الغاز المتحرك (الطور المتحرك) والسائل (الطور الثابت). يتم التقدير الكمي للمركب من خلال قياس مساحة وإرتفاع المنحنى للمركب المستهدف بمعادلات رياضية خاصة. تستخدم متحسسات خاصة للتقدير الكمي للمركب المستهدف, تسجل البيانات على ورق بياني على شكل منحنيات, من أنواع هذه المتحسسات وحدة التوصيل الكهربائي و وحدة اللهب الهيدروجيني و وحدة اللاقط الكهربائي وغيرها. تميز هذه الطريقة بدقتها وتحتاج العينة إلى تهيئة

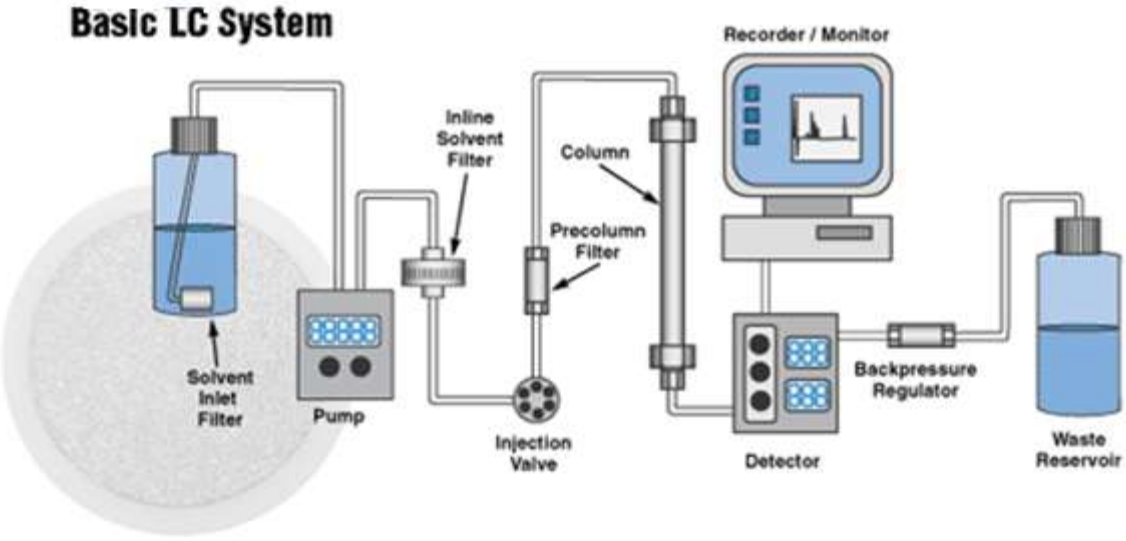
وتحضيرات خاصة قبل حقنها بالجهاز, النتائج دقيقة نسبيا مقارنة بالطريقة السابقة لكنها معقدة ومكلفة.



رسم تخطيطي لجهاز كروماتوكرافي الغازي السائل GLG.

جهاز كروماتوكرافي السائل Liquid-Liquid Chromatography

تتميز هذه التقنية بكون الطور المتحرك هو سائل والطور الثابت سائل مطلي على جزيئات صلبة كما في تقنية كروماتوكرافي الغازي السائل GLC. ميكانيكية الفصل تعتمد على تجزئة المركبات في النموذج بين الطوين الثابت والمتحرك. يجب أن تتوفر في الطورين عدد من المواصفات منها أن يكون السائلين للطوين غير قابلين للامتزاج مع بعضهما وأن يكون للطور الثابت السائل القابلية للطلي على المادة الساند للطور الثابت وأن يكون الساند حبيبي نفاذ ذات مساحة سطحية كبيرة نسبيا وخامل ولا يتداخل مع النموذج ومقاوم للضغط. يتم تحديد نوع المركب المستهدف من خلال حساب فترة الأحتباس للمركب المستهدف والمادة القياسية, وتقدير كمية المركب المستهدف بأستخدام متحسسات كمتحسس الأشعة فوق بنفسجية والمتحسس المتألق Fluorescence detector و Evaporative light detector scattering و Refractive index detector.

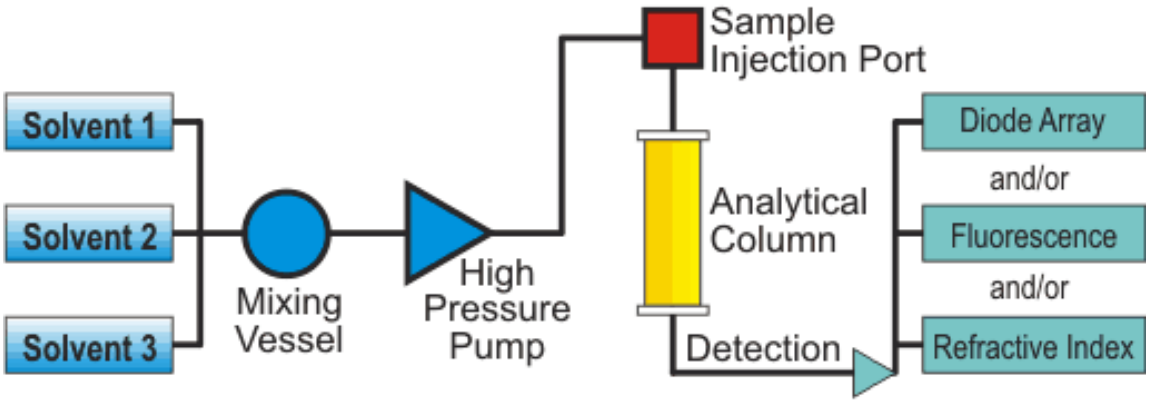


مخطط يوضح جهاز كروماتوكرافي السائل– السائل.

كروماتوكرافي الضغط السائل ذو الإداء العالي (HPLC) High-Performance Liquid Chromatography

تقنية تستخدم لفصل المركبات وتشخيصها نوعا وتقديرها كما. آلية عمل الجهاز هو إمرار النموذج في عمود يحوي على مواد لها خاصية الأدمصاص مثل السليكا تحت ضغط عالي من سائل المستخدم (الطور المتحرك) مما يعمل على فصل المركبات من خلال إختلاف درجات إدمصاص المركبات النموذج وجزيئات الطور الثابت ودرجة ذوبان المركب في الطور المتحرك. ومن خلال حساب زمن الأحتجاز للمركب وبالمقارنة مع فترة الأحتجاز لظهور منحنيات المادة القياسية يتم معرفة نوع المركب. يتم التقدير الكمي للمركب من خلال قياس مساحة وارتفاع المنحنى للمركب المستهدف الذي يرسم على ورق بياني من معطيات المتحسس, يكون عادة المتحسس الاكثر استخداما هو متحسس الأشعة فوق بنفسجية/الضوء و(PDA) Photodiode array وMass-spectrometry. تتميز هذه التقنية بأنها دقيقة

النتائج وتتحسس التراكيز الضئيلة جدا, لكنها مكلفة نسبيا مقارنة بالطريقة السابقة ومعقدة وتحتاج العينة إلى تحضيرات خاصة من تنظيف لكي تكون جاهزة للحقن في عمود الفصل.



مخطط توضيحي لجهاز كروماتوكرافي الضغط السائل ذو الإداء العالي (HPLC).

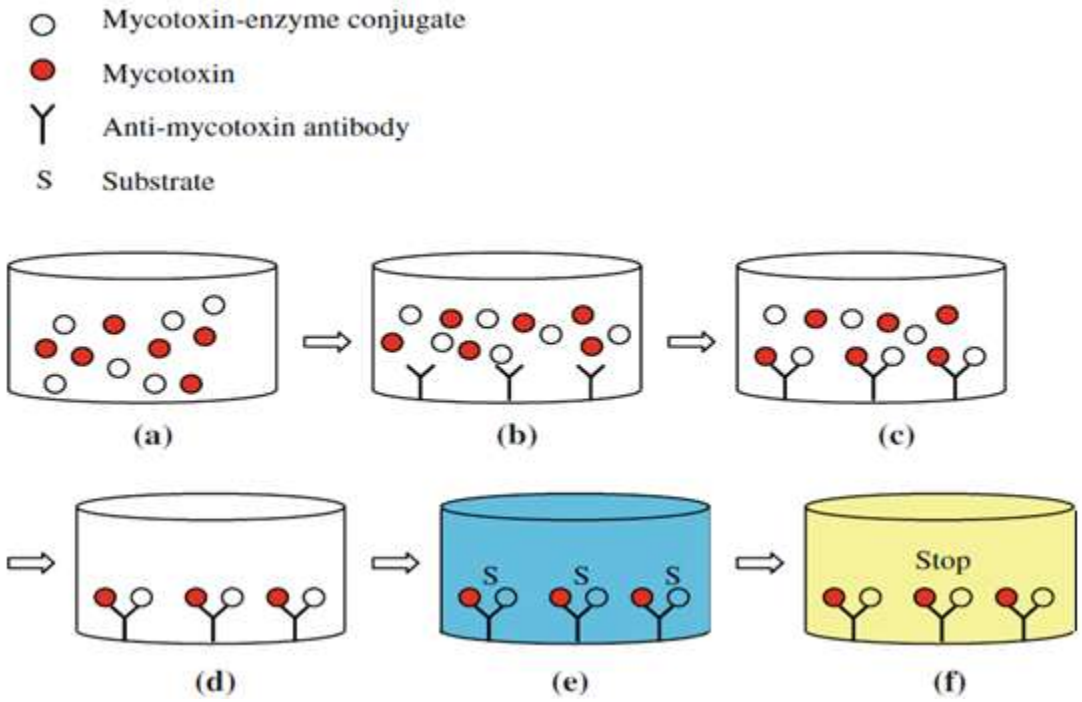
الطرق السيرولوجية

توجد العديد من الطرق المتبعة لتشخيص السموم نوعا وتقديرها كما. تعتمد هذه الطرق بشكل أساسي على وجود المصل المضاد للسم المراد الكشف عنه لكي يتم إستخدام هذا التكنيك في عمليات الكشف عن السموم الفطرية. ومن هذه الطرق المستخدمة:

تقنية إليزا Enzyme Linked Immuno-Sorbent Assay (ELISA)

من الطرق الشائعة في تقدير السموم الفطرية كما ونوعا, حيث إستخدمت هذه التقنية في مجال السموم الفطرية منذ أكثر من ثلاثة عقود من الزمان. تعتمد أساس هذه الطريقة على المصل المضاد Antibodies (Ab) للسم الفطري, ولكون التفاعل متخصص بين السم الفطري في العينة والجسم المضاد المحفز ضده, أستغلت هذه الخاصية في تصنيع عدة قياسية تستخدم في الكشف عن السموم الفطرية في العديد من الأغذية والمحاصيل الزراعية. تتلخص الطريقة ببساطة بعدة خطوات تبدأ بتثبيت الأجسام المضادة في حفر طبق إليزا, ومن

ثم تضاف العينة الحاوية على السم وبالتالي سوف يحدث تفاعل متخصص بين السم والجسم المضاد مكون معقد يكون مثبت في قعر حفر الطبق. تغسل بعدها حفر الطبق جيدا بأستخدام بفر لعدة مرات ومن ثم يضاف الأنزيم المربوط بالاجسام المضادة, بعدها تضاف المادة الأساس (الركيزة) التي سوف تتفاعل مع الأنزيم التي تعطي لون يتغاير تركيزه حسب تركيز السم, ومن خلال حساب قيمة تغاير اللوني بأستخدام جهاز الأمتصاص الضوئي (OD) Optical Density للحفر بأستخدام قارىء الأليزا, إذ يتناسب اللون مع التركيز وبالمقارنة مع تراكيز معلومة من السم القياسي, يتم حساب تركيز السم الفطري في العينات. تعتبر هذه الطريقة سهلة وغير معقدة وسريعة ودقيقة ورخيصة الثمن وتختصر الوقت اللازم للكشف عن عدد كبير من العينات في وقت قصير مقارنة بالطرق الأخرى, كما تستخدم هذه التقنية للتقدير الكمي والنوعي للسموم الفطري.

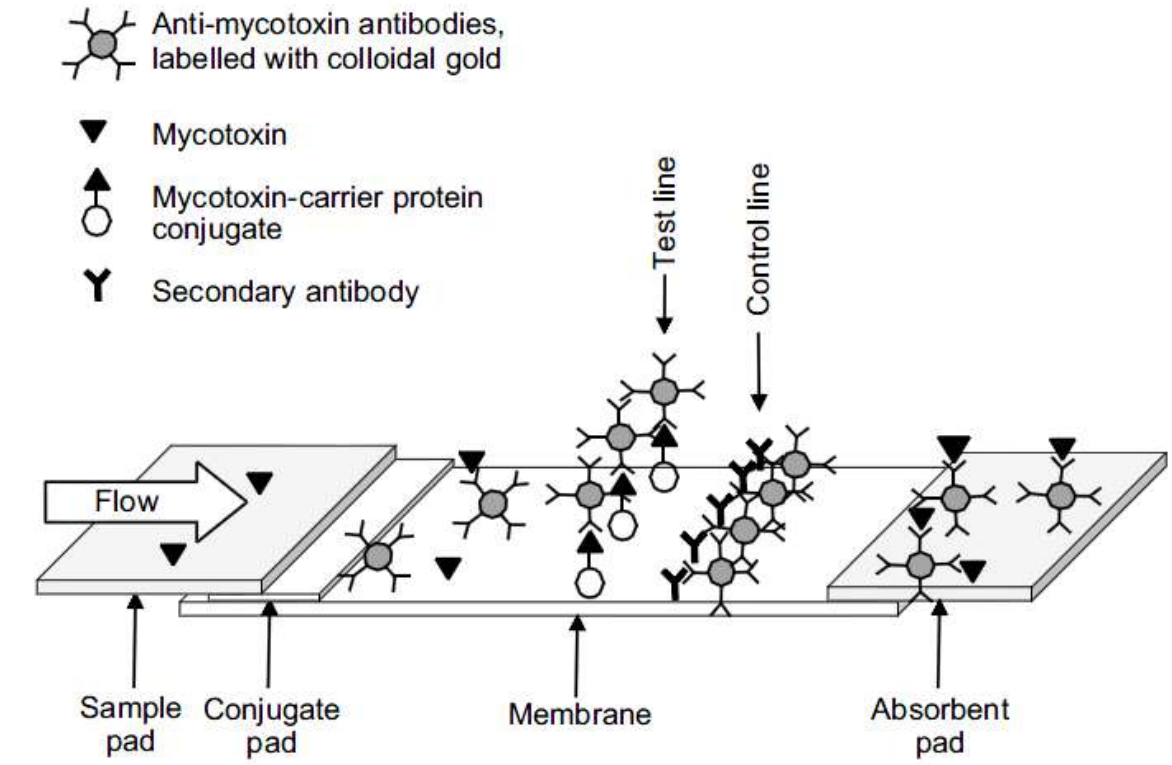


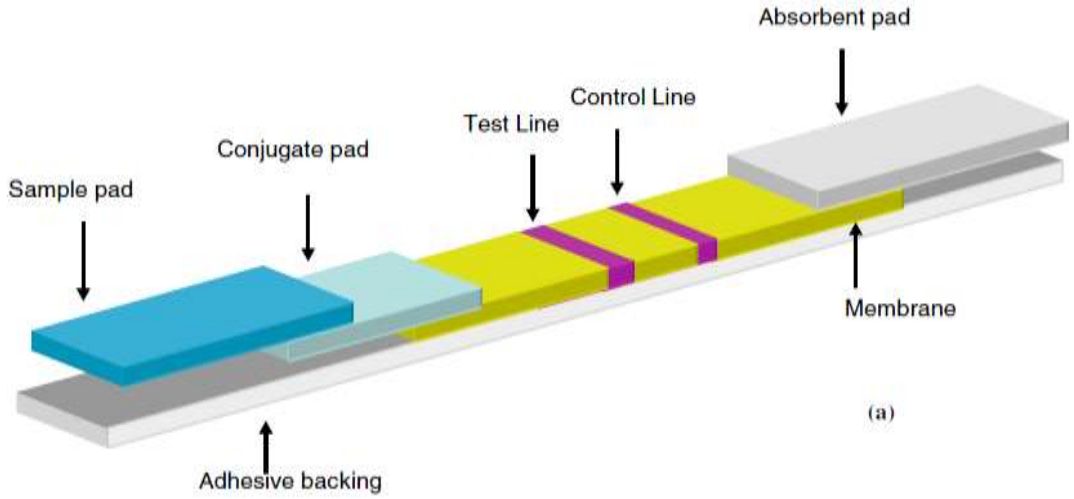
مخطط يوضح آلية عمل تقنية الأليزا في الكشف عن السموم الفطرية.

الأشرطة المناعية Immune Strip

يعتبر من الأختبارات ذو الخطوة الواحدة, سهل وبسيط وغير معقد, ولا يتطلب أجهزة أو كواشف. خطوات الأختبار تتلخص بعملية غمس شريط الأختبار المناعي في مستخلص النموذج المراد إختبار وجود السم فيه والأنتظار لدقائق معدودة (3–5) دقيقة لأخذ نتيجة الأختبار, حيث يظهر خط تفاعل السم مع الأجسام المضادة على شكل خط مرئي بلون معين (أحمر أو أزرق) يمكن مشاهدته بالعين المجردة كما في. يتكون الشريط المناعي ببساطة من ورقة نتروسليلوز وطبقة من وسادة ماصة في أسفل الشريط تعمل على إمتصاص العينة, وفوق وسادة العينة توجد وسادة أخرى تحوي على مصل مضاد معلم (Anti-mycotoxin antibodies labell with colloidal gold). وبالخاصية الشعرية ينتقل النموذج مع المصل المضاد المعلم في طبقة الوسادة الى الأعلى, حيث توجد منطقتين محددتين على الشريط المناعي الأولى (السفلية) وتسمى منطقة الأختبار تحوي على mycotoxin-protein conjugate وتعمل على إصطياد أي معقد من المصل المضاد المعلم المرتبط مع السم المستهدف. أما المنطقة الثانية فتقع أعلى منطقة الأختبار وتسمى منطقة المقارنة (السيطرة) وتحوي أجسام مضادة للأجسام المضادة للسم ويطلق عليها Anti-antibody المعلمة, حيث تلتقط هذه الأجسام المعلمة معطية خط مرئي وهو دليل على إن عملية الترحيل في الأختبار سليمة. أعلى خط المقارنة توجد وسادة تعمل على أمتصاص سائل النموذج الذي يصل الى تلك المنطقة.

مميزات هذا الإختبار المناعي أنه سهل الاستعمال وسريع جدا، ويعتبر أكثر إستقرار على المدى الطويل أثناء الخزن بالمقارنة مع العدة القياسية لإختبار الأليزا، وهو مناسب جدا خاصة لأختبار الكشف السريع للسموم الفطرية أثناء العمل الميداني. لكن من عيوب هذه الطريقة إنها طريقة للتقدير نوعي فقط وشبه كمية. أن قابلية تحسس هذا الاختبار محدد بكمية معينة حسب ما هو مصصم من قبل الشركة لتقدير تركيز محدد, كأن يكون 5 ميكغم/كغم او 10 ميكغم/كغم وهكذا, مثال أذا كان تحسس الأشرطة المناعية 5 ميكغم/كغم فاذا كانت العينة المختبرة تحوي على سم أقل من هذا التركيز لايمكن أن يتحسسة هذا الأختبار.

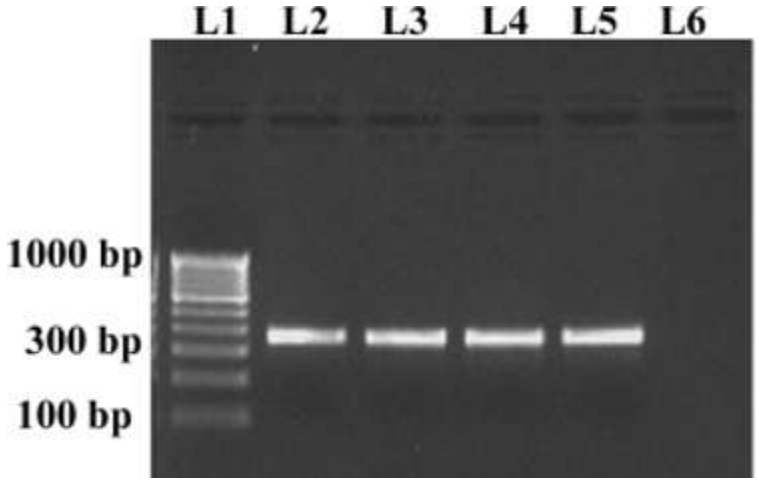




مخطط تفصيلي يوضح أجزاء آلية عمل الأشرطة المناعية المستخدمة في الكشف عن السموم الفطرية.

تفاعل السلسلة المتبلمر Polymerase Chain Reaction (PCR)

تستخدم هذه الطريقة في الكشف عن العزلات الفطرية المنتجة للسموم الفطرية من خلال التحري عن الجين المسؤول عن إنتاج السم الفطري في الحامض النووي للفطر. ويستخدم لذلك بوادىء متخصصة مصممة خصيصا لكل نوع من السموم الفطرية المراد الكشف عنه. تتلخص الطريقة بتنقية الحامض النووي للفطريات المراد أختبار مقدرتها على انتاج السم الفطري, وبأختيار البادىء المناسب (المخصص للكشف عن السم المستهدف) وبأستخدام تقنية الـــ PCR يتم معرفة العزلات المنتجة للسم من خلال إعطائها نتيجة موجبة (وجود حزمة على هلام الاكاروز). يتم الكشف بهذه الطريقة عن العزلات الفطرية المنتجة للسم من دون إستخدام الطرق التقليدية التي تتضمن تنمية الفطر والأستخلاص الذي يأخذ جهد و وقت طويل 3–4 اسبوع لإتمام هذه العملية, لكن قد يعيب عليها في البلدان الغير متطورة الى كونها تقنية معقدة والأجهزة المستخدمة غالية الثمن, وتحتاج الى تدريب خاص للعاملين بهذه التقنية.



شكل يوضح تفاعل بادىء (Primer) مصمم ليتفاعل مع مواقع الجينية المستهدفة والمسؤولة عن إنتاج السم. L2 و L3 وL4 و L5 تفاعل موجب يعني أن الفطر ينتج السم, L6 عزلة فطر غير منتجة للسم. L1 (Markers) حزم معلومة عدد القواعد النتروجينية.

جدول يوضح بعض أنواع البوادىء المتخصصة المصممة للمواقع الجينية المنتجة لبعض أنواع السموم الفطرية على الحامض النووي.

Primer	Mycotoxin	Gene Primer	Sequence	Product size	Reference
OmtBII-F OmtBII-R	Aflatoxin	omtB	ATG TGC TTG GGI TGC TGTG G GGA TGT GGT YAT GCG ATT GAG	611 bp	Rahimi et al 2008
FUM1-F FUM1-R	Fumonisin	FUM 1 gene'	CCATCACAGTGGGACACAGT CGTATCGTCAGCATGATGTAGC	183 bp	Bluhm et al. (2004).
GzTri7/f1 GzTri7/r1	DON	*Tri7*	GGCTTTACGACTCCTCAACAAT GG AGAGCCCTGCGAAAG(C/T)ACT GGTGC	173–327 bp	(Lee et al. 2001
GzTri7/f1 GzTri7/r1	NIV	*Tri7*	GGCTTTACGACTCCTCAACAAT GG AGAGCCCTGCGAAAG(C/T)ACT GGTGC	160 bp	(Lee et al. 2001

المراجع

Ahuja, S.1999.Trace and Ultra-trace Analysis by HPLC, in: Chemical Analysis Series, Vol. 115, Wiley, New York, chapter 5.

Baggiani, C., L Anfossi,. and C Giovannoli,.2010. Artificial Systems for Molecular Recognition of Mycotoxins, Mycotoxins in Food, Feed and Bioweapons. M. Rai and A. Varma (eds), Springer, Berlin, 3–20.

Barker, S.A.2007.Matrix solid phase dispersion (MSPD). Journal of Biochemical and Biophysical Methods; Sample Preparation. 70:151–162.

Bluhm, B.M., M.A. Cousin and C.P. Woloshuk. 2004. Multiplex real-time PCR detection of fumonisin producing and trichothecene producing groups of *Fusarium* species. J. Food. Prot. 3:536-543.

Brenn-Struckhofova, Z., M Cichna-Markl, C Böhm. and E Razzazi-Fazeli,.2007.Selective sample cleanup by reusable sol-gel immunoaffinity columns for determination of deoxynivalenol in food and feed samples. Analytical Chemistry. 79:710–717.

Cantwell, F.F. and M Losier,.2002.Chapter 11 Liquid–liquid extraction, in Sampling and Sample Preparation for Field and Laboratory, Pawliszyn, J. (ed.), Comprehensive Analytical Chemistry, Volume 37, Elsevier.

Cichna-Markl, M.2006.Selective sample preparation with bioaffinity columns prepared by the sol-gel method. Journal of Chromatography A. 1124:167–180.

Cruz-aguado, J.A. and G Penner,.2008.Determination of Ochratoxin A with a DNA Aptamer. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 56:10456–10461.

Delaunay, N., V Pichon,. and MC Hennion,.2001.Immunoextraction: a highly selective method for sample preparation. LC-GC Europe. 14: 162–172.

Food and Agriculture Organization/World Health Organization. 2001. Proposed Draft Revised Sampling Plan for Total Aflatoxin in Peanuts Intended for Further Processing. Joint FAO/WHO Food Standards

Program, CODEX Alimentarus Commission, 24th Session, Geneva, Switzerland, July 2-7, 2001. FAO/WHO Joint Office, Viale della Terme di Caracalla, 00100, Rome, Italy, pp. 276-280.

Guillamont, E. M., CM Lino., ML Baeta., AS Pena., MI Silveira, and JM Vinuesa.2005.A comparative study of extraction apparatus in HPLC analysis of ochratoxin A in muscle. Analytical and Bioanalytical Chemistry. 383: 570–575.

Haginaka, J.2009.Molecularly imprinted polymers as affinity-based separation media for sample preparation. Journal of Separation Science. 32:1548–1565.

Hamula, C.L., JW Guthrie, H Zhang,. XF Li,. and XC Le.2006. 'Selection and analytical applications of aptamers'. TrAC Trends in Analytical Chemistry On site Instrumentation and Analysis. 25:681–691.

Hussain, I., J Anwar., MR Asi, MA Munawar,. and M Kashif, .2010 . Aflatoxin M1 contamination in milk from five dairy species in Pakistan. Food Control. 21:122–124.

Krska R., S Baumgartner., and R Josephs.2001.The State of the art in the Analysis of Type-A and B Trichothecene Mycotoxins in Cereals, Fresenius Journal of Analytical Chemistry. 371:285-299.

Lee T, DW Oh, Kim HS, J Lee, YH Kim, SH Yun, and YW Lee.2001. Identification of deoxynivalenol and nivalenol producing chemotypes of

Gibberella zeae by using PCR. Applied and Environmental Microbiology. 67:2966–2972.

Levie, R.1997.Principles of Quantitative Chemical Analysis, McGraw-Hill, New York, chapter 10.

Meister, U.1999. Effect of extraction and extract purification on the measurable fumonisin content of maize and maize products. Tests on the efficiency of acid extraction and use of immunoaffinity columns. Mycotoxin Research. 15:13–23.

Möller,T.E. and M Nyberg,.2004.Efficiency of different extraction solvent mixtures used in analyses of aflatoxins from a certified peanut meal reference material. Food Additives and Contaminants. 21:781–785.

Nery, A.A., C Wrenger,. and H Ulrich,.2009.Recognition of biomarkers and cell specific molecular signatures: Aptamers as capture agents. Journal of Separation Science. 32:1523–1530.

Pallaroni, L. and C Von Holst,.2003.Comparison of alternative and conventional extraction techniques for the determination of zearalenone in corn. Analytical and Bioanalytical Chemistry. 376:908–912.

Pallaroni, L. and Von C Holst,.2004.Development of an extraction method for the determination of zearalenone in corn using less organic solvents. Journal of Chromatography A. 1055:247–249.

Pallaroni, L., C Von Holst., C Eskilsson,. and E Björklund, .2002. Microwave assisted extraction of zearalenone from wheat and corn. Analytical and Bioanalytical Chemistry. 374:161–166.

Pichon, V. and K Haupt,.2006.Affinity separations on molecularly imprinted polymers with special emphasis on solid-phase extraction. Journal of Liquid Chromatography and Related Technologies. 29:989–1023.

Poole, C.F.2003.New trends in solid-phase extraction. TrAC Trends in Analytical Chemistry. 22:362–373.

Rahimi P., B. Sharifnabi, and M. Bahar.2008.Detection of aflatoxin in Aspergillus species isolated from pistachio in Iran. Journal of Phytopathology.156(1):15–20.

Reiter, E. V., M Cichna-markl., DH Chung., J Zentek,. and E Razzazi-fazeli,.2009.Immuno-ultrafiltration as a new strategy in sample clean up of aflatoxins. Journal of Separation Science. 32:1729–1739.

Ridgway, K., SP Lalljie,. and RM Smith,.2007.Sample preparation techniques for the determination of trace residues and contaminants in foods. Journal of Chromatography A – Advances in Sample Preparation – Part II. 1153:36–53.

Scott, P., G Lawrence,. and G Lombaert,.1999.Studies on extraction of fumonisins from rice, corn based foods and beans. Mycotoxin Research .15: 50–60.

Scott, P.M.1993.Recent developments in methods of analysis for mycotoxins in foodstuffs'. TrAC Trends in Analytical Chemistry. 12:382–286.

Trebstein, A., S Marschik., U Lauber,. and HU Humpf, .2009. Acetonitrile: the better extractant for the determination of T-2 and HT-2 toxin in cereals using an immunoaffinitybased cleanup. European Food Research and Technology. 228: 519–529.

Trenholm H.L., R.M Warner., and D.B Prelusky,.1985. Assessment of extraction procedures in the analysis of naturally contaminated grain products deoxynivalenol (vomitoxin), Journal of the Association of Official Analytical Chemists. 68(4):645-649.

Trenholm, H.L., RM Warner,. and DB Prelusky,.1985. Assessment of extraction procedures in the analysis of naturally contaminated grain products for deoxynivalenol (vomitoxin). Journal of the Association of Official Analytical Chemists. 68:645–649.

Zheng Z, ST Ku, WS Ng, and J Binder. 2005. A New AgraStripTM Total Aflatoxin Lateral Flow Test Kit. Poster Presentation in Gordon Research Conferences in Mycotoxins & Phycotoxins. Waterville, ME, USA: Colby College,.19–24 June.

الفصل الخامس

مقدمة

طرق إبطال مفعول السموم الفطرية في الأعلاف والمواد الغذائية

الطرق كيميائية

أستخدام الأمونيا Ammoniation

أستخدام الأوزون Ozonization

بيروكسيد الهيدروجين Hydrogen Peroxide

مركب مثيل أمين Methylamine

هايبوكلورات الصوديوم Sodium Hypochlorite

فورمالديهايد وهيدروكسيد الكالسيوم Formaldehyde وCalcium Hydroxide

الحوامض القوية

مانعات التأكسد Antioxidant

الطرق الفيزيائية

الطرق الميكانيكية

الإستخلاص بأستخدام المذيبات العضوية

الحرارة

الأشعاعات

الممدصات الفيزيائية

الطرق الإحيائية

الفطريات والخمائر

البكتريا

المستخلصات والمنتجات النباتية
طرق مكافحة الفطريات في المخزن

مقدمة

منذ أن عرفت السموم الفطرية ومشاكلها الصحية على الإنسان والحيوان إنكب الباحثين لإيجاد طرق ووسائل عديدة لإبطال وعلاج المنتجات الغذائية من أثر هذه السموم الفطرية, فقد بدأ البحث الحقيقي لأيجاد الوسائل لمعالجة التلوث بالسموم الفطرية بعد عام 1965. فقد أوجد الباحثون العديد من طرق تحطيم أو أبطال مفعول السموم الفطرية منها ما هو كيميائي او فيزيائي وحيوي.

طرق إبطال مفعول السموم الفطرية في الأعلاف والمواد الغذائية

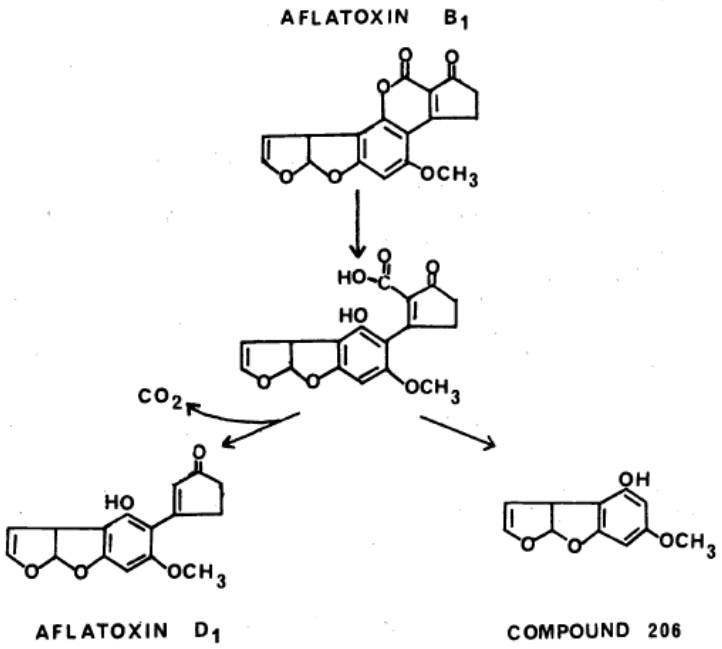
تعتبر السموم الفطرية من الملوثات لإغلب المحاصيل الزراعية في الحقل وخاصة الحبوب والمواد الغذائية وأعلاف الحيوانات, تتطور الإصابة في المخزن في ظروف التخزين السيء, الذي يؤدي بدوره الى تطور ونمو الفطريات النتجة للسموم الفطرية. تعتبر السموم الفطرية مركبات ثابتة كيميائيا ولا تتحطم بدرجات الحرارة العالية (مستقرة حراريا) ولا تتأثر بالظروف البيئة القاسية. هناك عدة طرق أستخدمت لأبطال مفعول السموم الفطرية:

1- الطرق كيميائية

أ- إستخدام الأمونيا Ammoniation

وجدت العديد من الدراسات الى تحطيم مركبات السموم الفطرية بنسب تصل الى 99%, إذ أظهرت العديد من الدراسات على سموم الأفلاتوكسينات بأستخدام غازات الأمونيا أو هيدروكسيد الأمونيوم. عند أستخدام هذه المركبات في تحطيم السموم الفطرية تحت ظروف مناسبة من رطوبة نسبية ودرجة حرارة أدت الى تحطيم السم بنسب عالية وصلت الى 99%. وبألرغم من أن الدراسات أشارت الى فعالية هذه الطريقة في تحطيم السموم الفطرية, حيث تعمل على فتح حلقة اللاكتون في جزيئة سم AFB1. إلا أن إدارة الغذاء والدواء

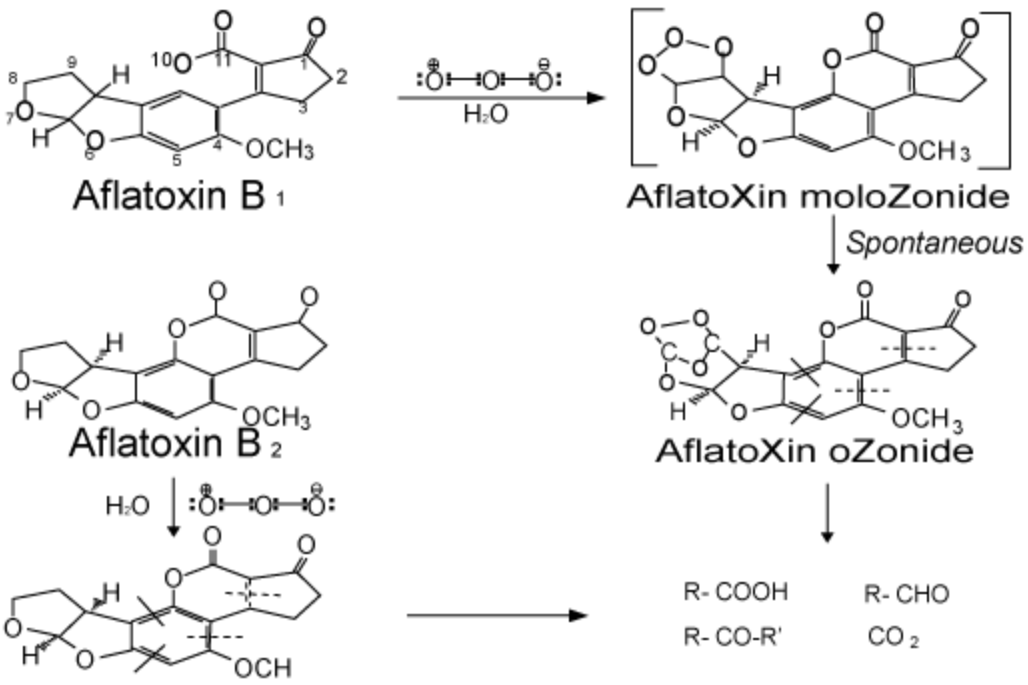
الأمريكية لم تصادق على إستخدامها, لأحتمالية سمية هذه المركبات وتكوينها مركبات مسرطنة إضافة الى عدم أستساغة الأعلاف المعاملة بالأمونيا من قبل الحيوانات.



عملية التحطيم المفترضة لفتح حلقة اللاكتون في جزيئة سم AFB1 بأستخدام غاز الامونيا.

ب ــ **أستخدام الأوزون** Ozonization

تعتمد عملية التحطيم للسموم الفطرية على التفاعل بين غاز الأوزون والسموم الفطرية, إذ يعتبر غاز الأوزون عامل مؤكسد قوي، تعتبر هذه الطريقة فعالة في تحطيم السموم الفطرية, إذ طبقت على سم الأفلاتوكسين في الذرة الصفراء وبذور القطن. حيث يعمل غاز الاوزون على تحطيم الأصرة المزدوجة في تركيب Difuran في البناء الكيميائي لسم للأفلاتوكسين. الا إن هناك مساؤى لهذه الطريقة, أنها تقلل من القيمة الغذائية للمادة المعاملة.



ميكانزم تحطيم سم AFB1 وAFB2 بأستخدام غاز الاوزون.

جـــ- بيروكسيد الهيدروجين Hydrogen Peroxide

يعتبر بيروكسيد الهيدروجين من العوامل المؤكسدة القوية, فقد ذكرت دراسة الى ان استخدامة بتركيز 0.5% ودرجة حموضة 9.5 ودرجة حرارة 80 م° لمد نصف ساعة, قد ادى الى تحطيم سم الافلاتوكسين في كسبة فستق الحقل بنسبة 100%, ولم يتأثر محتوى البروتين الكلي فيها. لم تشر الدراسات الى تكون مواد سامة عند استخدامة في تحطيم السموم الفطرية عند إختبارها بأستخدام طريقة حساسية أجنة الدجاج, كما اشارت الدراسات الى ان هذه الطريقة لا تؤثر في نسبة البروتين في المادة الغذائية ، اضافة الى عدم تكون مركبات سامة في الغذاء.

د- مركب مثيل أمين Methylamine

يعتبر من المركبات التي لها مقدرة عالية في تحطيم سموم الافلاتوكسين الملوثة لكسب فستق الحقل والقطن, حيث أشارت العديد من الدراسات الى إن استخدامة بتركيز 2% في الكسب

الملوثة بسموم الافلاتوكسين ورطوبة 15% مع التسخين الى 100م° لمده 30 دقيقية, كانت ذو فعالية عالية في تحطيم السم.

ه- هايبوكلورات الصوديوم Sodium Hypochlorite

إستخدم هذا المركب في تحطيم سموم الأفلاتوكسين, حيث إن لدرجة الحموضة وتركيز المادة المستخدمة في تحطيم السم, يعتبر معيار أساسي في تحطيم بأستخدام هذه الطريقة. أشارت دراسة الى أن أستخدام 0.3% من هايبوكلورات الصوديوم ودرجة حموضة 9, قد أدى الى تحطيم وأختزال سم الأفلاتوكسين B1 في كسبة فستق الحقل الملوثة بتركيز725 جزء بالبليون, الى تراكيز لأيمكن تحسسها.

و- فورمالديهايد وهيدروكسيد الكالسيوم Formaldehyde وCalcium Hydroxide

أظهرت عدة دراسات الى كفاءة كل من الفورمالديهايد وهيدروكسيد الكالسيوم معاً في تحطيم سموم الافلاتوكسين, فعند استخدامه بتركيز0.5% فورمالديهايد و2% هيدروكسيد الكالسيوم في كسبة فستق الحقل ذات محتوى رطوبي 25% معبأة في أكياس محكمة الغلق وملوثة بسم الأفلاتوكسين 600 جزء بالبليون, ودرجة حرارة 115م°, قد أدى الى تحطيم السم بنسبة 99.7%.

س- الحوامض القوية

استخدمت العديد من الحوامض في تحطيم السموم الفطرية, فقد إستخدم حامض اللاكتيك وحامض الخليك وحامض الليمون وحامض الفسفوريك وحامض الهيدروكلوريك وحامض الكبريتيك وحامض الفورميك والبروبيونيك والسوربك. إذ اشارت العديد من الدراسات التي إجرت العديد من الأختبارات لمعرفة مدى فعاليتها في تحطيم السموم الفطرية, إذ أثبتت تأثيرها المباشر في تحطيم السموم الفطرية بالأضافة أنها تعمل على منع النمو الفطري.

ش- مانعات التاكسد Antioxidant

وهي مواد لها خاصية مانع للتأكسد, ولها فعالية عالية في حماية أغشية الخلايا من ضرر السموم الفطرية. إذ تعمل كعوامل إستقطاب. هناك ما يقارب من 150 مركب يعد من مانعات التأكسد منها طبيعية مثل الفيتامينات والكلوروفيل والكاروتينات ومشتقات الفينولات, وصناعية مثل السيليينيوم. أشارت دراسة الى إن إستخدام السيليينيوم مع فيتامين E خفض سمية السم أوكراتوكسين A من خلال تنشيط أنزيمات الكبد التي لها الأثر الكبير في إزالة التأثير السمي للسم.

2- الطرق الفيزيائية :

وتشمل :

أ- **الطرق الميكانيكية.** إستخدمت هذه الطريقة بنجاح مع محصول فستق الحقل, إذ تفصل وتستبعد البذور المصابة ظاهريا التي تميز من خلال تغير لونها أو وجود نمو فطري, وتستبعد البذور المتضررة كونها مؤهلة للاصابة بالفطريات. وقد وجد أن مستوى التلوث بالحبوب المصابة في مثل هذه الحالات يصل الى 10000 جزء بالمليون لسم الافلاتوكسين B1, وعند طحنها مع الحبوب السليمة الأخرى تسبب تلوث الغذاء. كما أستخدمت هذه الطريقة بنجاح مع محصول الذرة الصفراء وبذور القطن. أساس الفصل يكون بالأعتماد على العين المجردة وإستبعادها يدويا أو من خلال أستخدام أجهزة أوتوماتيكية الكترونية تعتمد على تألق النموذج الملوثة بسموم الافلاتوكسين, حيث يتألق عند تعريضها للأشعة الفوق بنفسجية أو إستخدام مناخل الفصل لأستبعاد الحبوب المكسرة.

ب- الأستخلاص بأستخدام المذيبات العضوية

يمكن إستخلاص السموم الفطرية من الحبوب بواسطة مخاليط من المذيبات العضوية كالأسيتون والكلوروفورم والميثانول وإيثانول والبنزين. إذ يتم أختيار المذيب بعناية تامة، وبالرغم من كفاءة هذه العملية فإنها غير مناسبة من حيث التكلفة والتطبيق العملي, كما أن هذه الطريقة تؤثر في القيمة التغذوية للمادة الغذائية التي تستخدم فيها هذه الطريقة.

ت- الحرارة

تعتبر معظم السموم الفطرية مستقرة حراريا في درجات الحرارة العالية, لكن بعض الدراسات أثبتت تحطم بعض السموم الأفلاتوكسين عند إستخدام الحرارة تحت ضغط العالي وبوجود رطوبة في كسبة فستق الحقل.

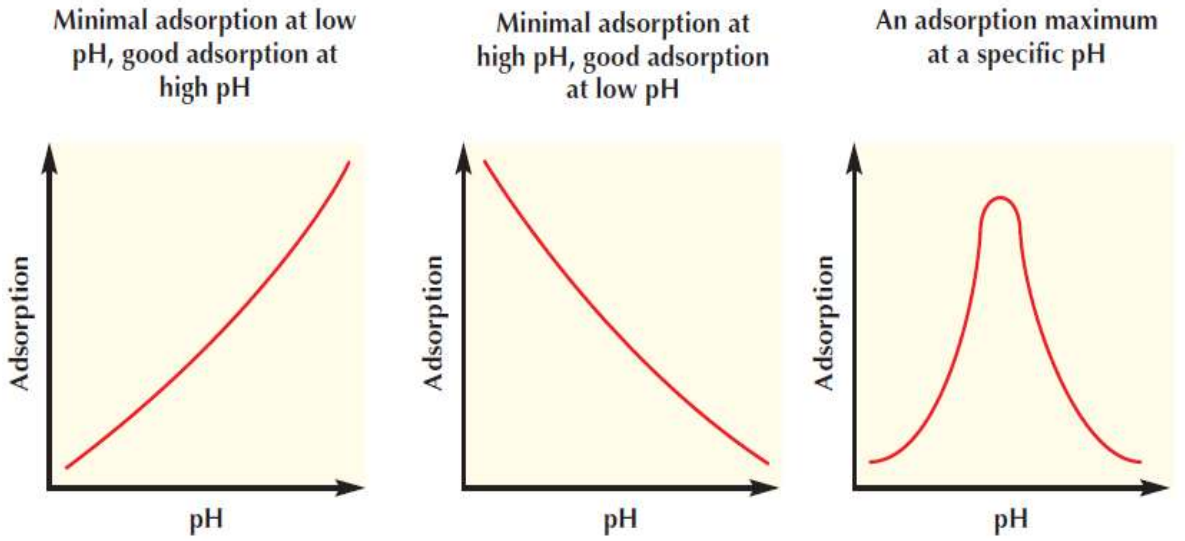
ث- الاشعاعات

أستخدمت الأشعاعات ومنها إشعة اكس X والفا وبيتا وكاما والأشعة فوق بنفسجية وموجات المايكروويف في تحطيم السموم الفطرية. حيث إستخدمت بجرع محددة وبالتداخل مع عوامل فيزياوية أخرى كالحرارة والرطوبة, إذ أعطت نتائج مشجعة في تحطيم سموم الأفلاتوكسين. أشارت دراسة الى أستخدام إشعة المايكروويف بكفاءة عالية لتحطيم الأفلاتوكسين B1 في بذور فستق الحقل, فعند تعريضها لمدة 4 دقائق بطاقة 1500 واط وتردد 2450 ميكاهرتز لأشعة المايكروويف أدى الى تحطيم السم بنسبة 99.4% دون تأثر القيمة الغذائية في البذور. أستخدمت أشعة كاما في خفض التلوث بسم الافلأتوكسين B1 لبذور فستق الحقل بنسبة وصلت الى 100% عند إستخدامه بجرعة 10 KGY, الا أنه عند زيادة الجرعة أعلى من 10 KGY أدت الى خفض نسبة الأنبات وخفض قيم البيروكسيد في الزيت الناتج.

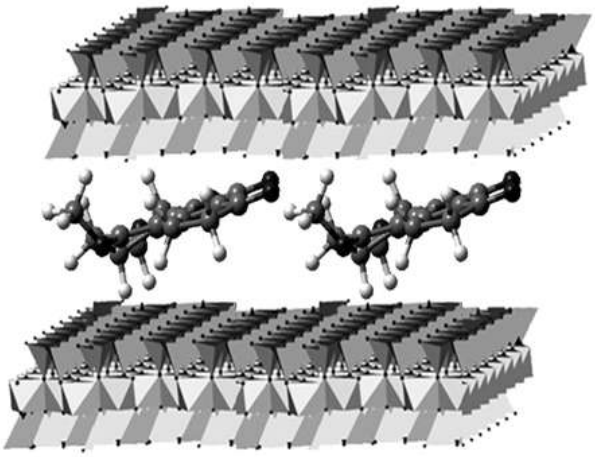
جـ- الممدصات الفيزيائية

أظهرت العديد من الممدصات الفيزيائية كفاءة عالية في إبطال مفعول العديد من أنواع السموم الفطرية من خلال الإرتباط معها وتكوين معقد لا يمكن فصلة, وبالتالي لا يتمكن الجهاز الهضمي من إمتصاصة. من هذه الممدصات معادن الطين كالبنتونايت

ومونتموريلنايت وفايلوسيلكات وكاؤولين وبلجوروسكايت وزيولايت وهايدريت صوديوم كالسيوم المينوسليكات (HSCAS) والفحم المنشط. إن آلية هذه المعادن في إبطال سمية السموم الفطرية يعود الى مقدرتها عل مسك الأيونات والإحتفاظ بالسموم الفطرية على الأسطح الخارجية أو بين الفراغات البينية في جزيئات المعدن, ويكون هذا الارتباط غير قابل للتحرر. أن ميكانزم أرتباط معادن الطين مع السموم الفطرية يعتمد على قطبية السم وشحنته فالسموم القطبية مشحونة بشحنة موجبة والسموم الغير قطبية مشحونة بشحنة سالبة. كما أن لدرجة الحموضة pH للوسط الذي يوجد فيه كلا من السم ومعدن الطين المستخدم في إدمصاص السم له تأثير كبير في عملية الأدمصاص, إذ أن درجة الحموضة المنخفضة هذا يؤدي الى زيادة في الشحنات الموجبة H^+ وعلى عكسها في حالة درجة الحموضة العالية تعمل على زيادة الشحنات السالبة HO^- على سطوح المادة الممدصة (معدن الطين). حيث تتحكم درجة الحموضة في شحنات معدن الطين أي تعمل عمل المغناطيس.



شكل يوضح ثلاثة احتمالات لتأثير درجة الحموضة في إدمصاص السموم الفطرية على معادن الطين.



آلية إدمصاص السموم الفطرية المقترحة بين طبقات معادن الطين.

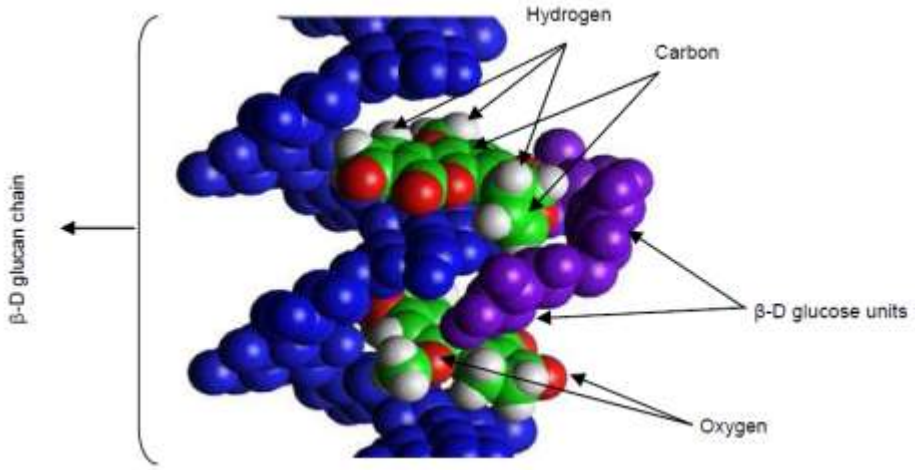
3- الطرق الاحيائية:

الكائنات الحية الدقيقة المستخدمة في عمليات تحطيم وإزالة السموم الفطرية من الطرق الكفوءة والأمينة. اذ أشارت العديد من الدراسات والبحوث أستخدام العوامل الأحيائية سواء كانت خلايا حية أو منتجاتها كالفطريات والبكتريا أو الخمائر والمستخلصات النباتية.

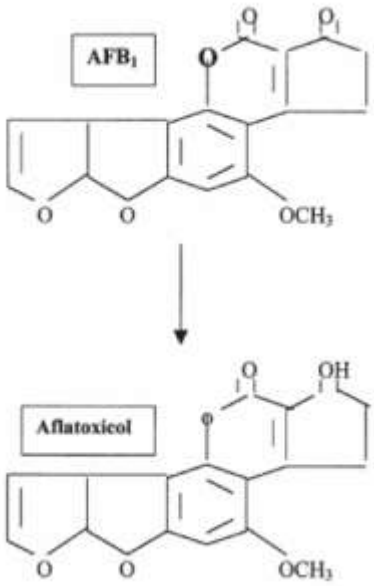
أ- الفطريات والخمائر

أستخدمت خميرة الخبز *Saccharomyces cerevisiae* بكفاءة عالية في التخلص من السموم الفطرية من خلال إدمصاص السم على جدران الخلايا, وذلك لأحتواء جدران هذه الخمائر على نسبة عالية من سكر المانان والكلوكان β-D-glucose, الذي يعتقد أن له تأثير واسع في أدمصاص السموم الفطرية, إذ ترتبط السموم المحتوية على مجاميع هيدروكسيل و كيتون ولاكتون مع طرف الهيدروكسيلي من جزيئة الـــ β-D-glucose. كما إستخدمت الخميرتين *Rhodotorula mulcilaginosa* و *Kluyveromyces marxianus* بنجاح في إبطال سمية الافلاتوكسين B1 في الأوساط الزرعية السائلة. كما أظهرت الخميرة *Trichosporon mycotoxinivorans* في تحطيم الاوكراتوكسين بنسبة 80% بعد نصف ساعة و100% بعد ساعة في الأوساط السائلة. أشارت عدة دراسات الى أن أستخدام ®Mycosorb المنتج من مستخلص جدران خلايا الخمائر قد أعطى نتائج فعالة في خفض التلوث بالسموم الفطرية في الختبر بنسب بلغت 85% من Alatoxin و67%

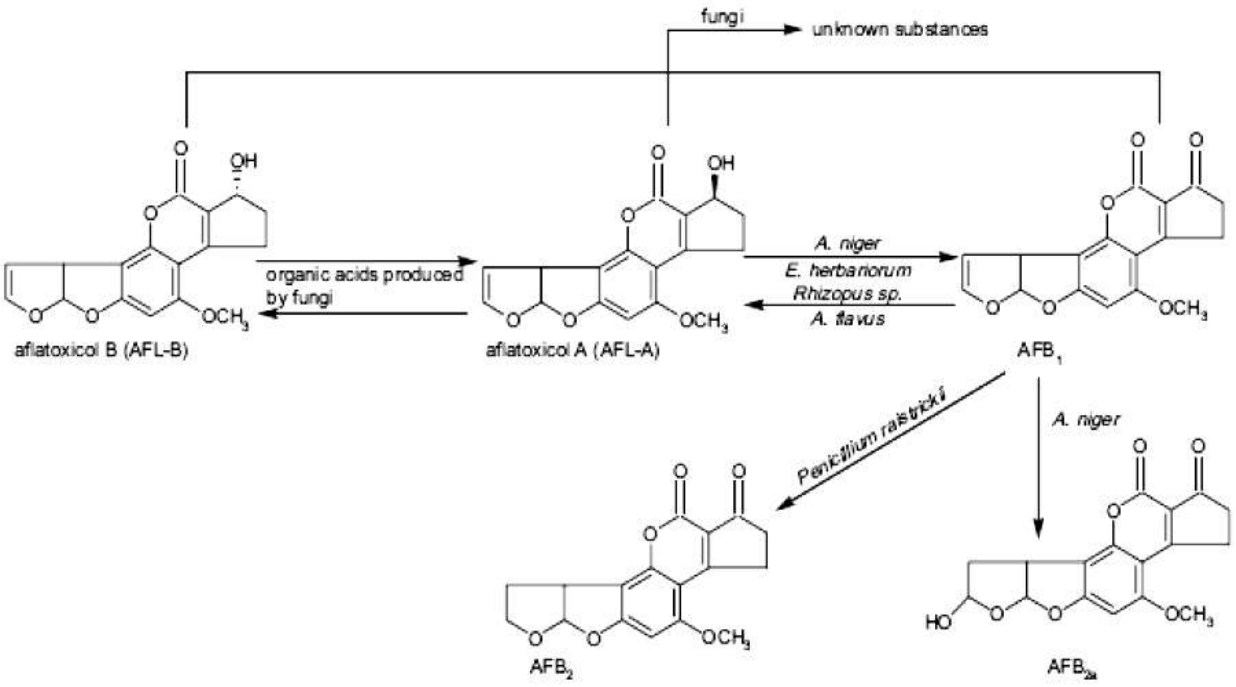
ZEN و67% Fumonisins. كما أظهرت العديد من الدراسات الى إمكانية تحطيم سموم الافلاتوكسين من قبل سلالات من الفطر *Aspergillus niger* و*Phoma spp* و*Pleurotus ostreatus* من خلال تأييض السم الى مركبات أقل سمية.



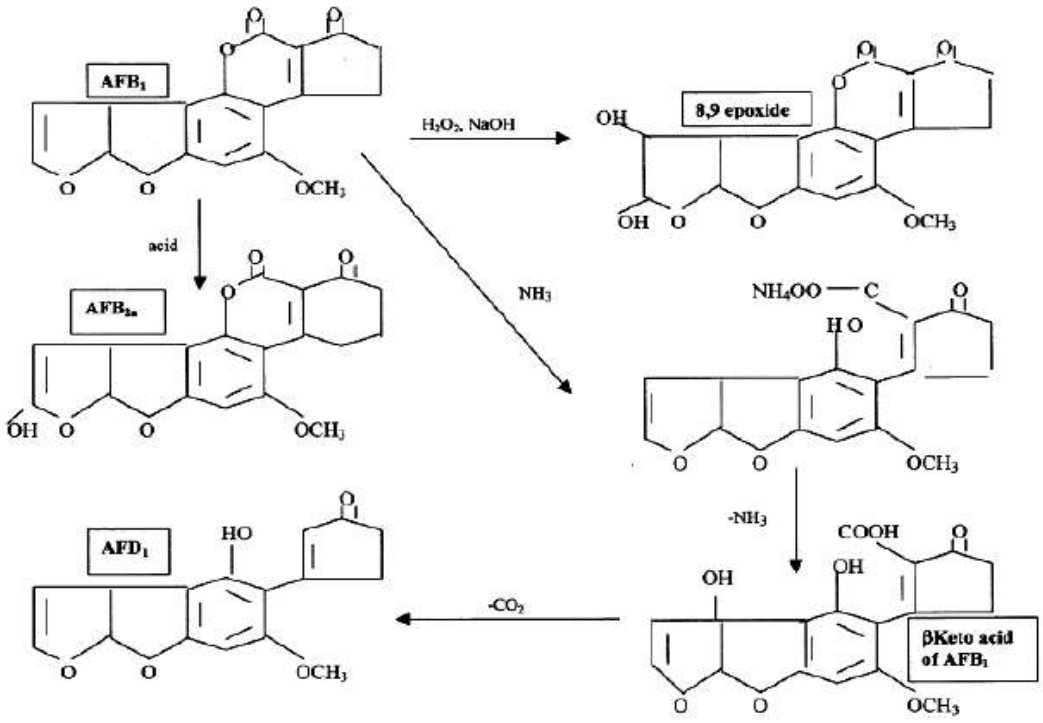
التركيب ثلاثي الأبعاد المقترح لجزيئة الـــ β-D-glucose والجزء الهيدروكسيلي الفعال المسؤول عن إدمصاص السموم الفطرية.



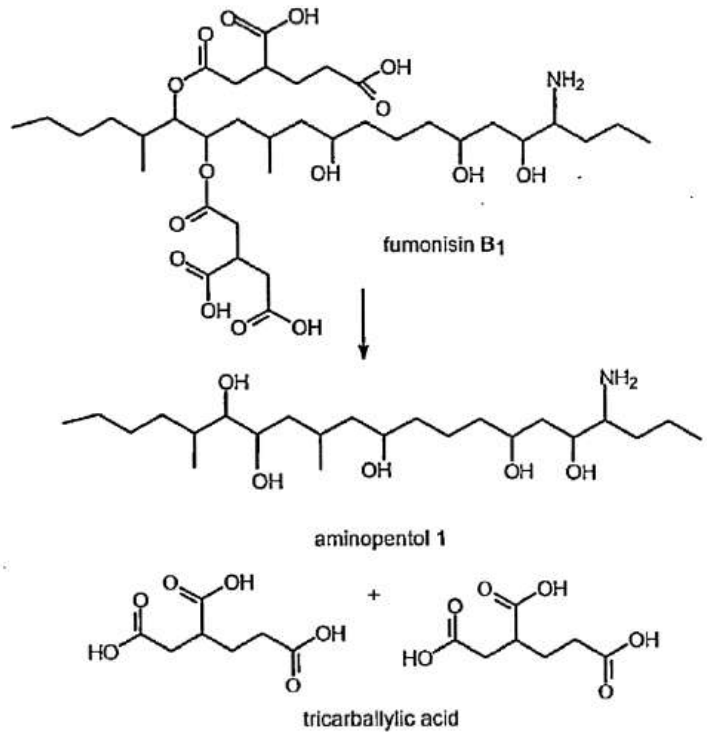
عملية تحول سم الـــ AFB1 الى سم Aflatoxicol بفعل الاحياء المجهرية, وهو مركب أقل سمية بـــ 18 مرة من السم AFB1.



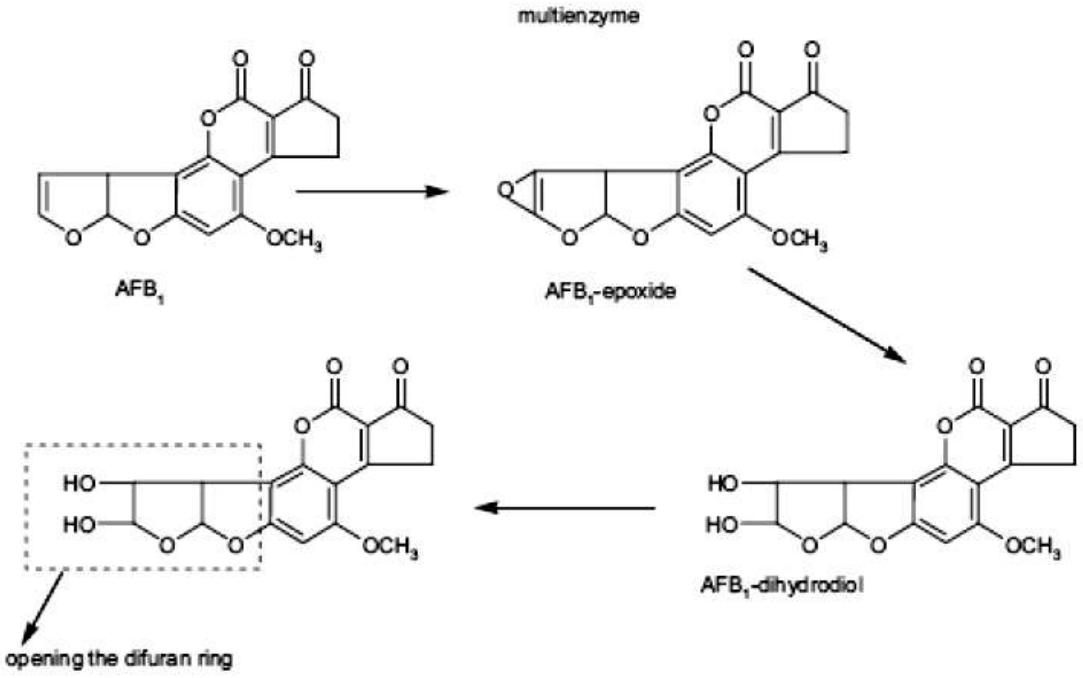
تحطيم سم AFB1 بفعل الأحياء المجهرية الى مركبات أقل سمية.



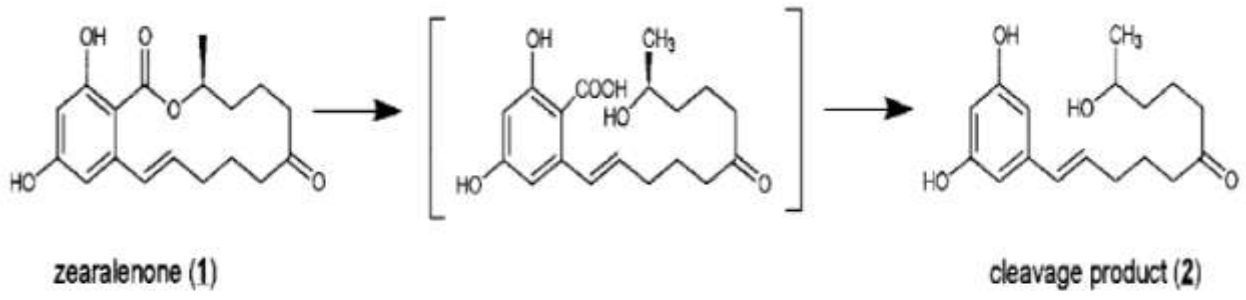
ميكانزم التحطيم لسم AFB1 المتوقع بواسطة الأحياء المجهرية.



تحطيم سم FB1 بواسطة الخمائر الى مركبات أقل سمية.



تحطيم سم AFB1 أنزيميا بواسطة الأحياء المجهرية الى مركبات أقل سمية.



تحطيم سم ZER الى مركبات أقل سمية بواسطة الفطريات.

ب- البكتريا

وجد العديد من أنواع البكتريا مقدرتها على تحطيم وإبطال مفعول السموم الفطرية في الأوساط السائلة, منها بكتريا هوائية مثل Flavobacterium وPseudomonas و Alcaligenesو Bacillus وActinomycetes وBifidobacteria و*aureus* *Staphylococcus* و*Escherichia coli* أو لاهوائية مثل Lactic acid bacteria ومنها سلالات GG *Lactobacillus rhamnosus* و*L.acidophilus* وهذه الأخيرة تستعمر الأمعاء الدقيقة وتمنع إمتصاص السموم الفطرية من خلال إرتباط السم على جدران الخلايا البكتيرية, إضافة الى مقدرتها على تأييض السم الى مركبات أقل سمية.

جـ - المستخلصات والمنتجات النباتية

تحوي النباتات على طيف واسع من المواد الفعالة ذات تأثيرات واسعة ضد الاحياء المجهرية ومنها الفطريات. فقد أستخدم المصريين القدامى نبات العصفر في حفظ المحاصيل المعدة للخزن, وأستخدم أيضا نبات الزعفران في حفظ الاغذية. كما اشارت دراسات الى إستخدام السليلوز والهيميسليلوز في إدمصاص السموم الفطرية, فقد إستخدمت الياف المحصول العلفي الجت في تقليل تأثير سم الزيرالينون وT2-Toxin في حيوانات الأختبار. كما إستخدمت مستخلصات بذور النباتات الطبية في تحطيم السم بشكل مباشر إضافة الى تثبيط إنتاج السم.

وجد إن إستخدام مستخلصات بعض النبات أو زيوتها العطرية أو مسحوق النبات الجاف مع الحبوب كالزعتر والقرنفل والدارسين والثوم والبابونج والحبة السوداء المخزنة, قد أدى الى تثبيط نمو الفطريات السامة وخصوصا فطر Aspergillus وبالنتيجة منع أنتاج السم.

طرق مكافحة الفطريات في المخزن

لا توجد طريقة فعالة لمكافحة الفطريات في الحبوب والمواد الغذائية المخزونة, لكن يمكن تقليل أو تجنب الأصابة بالفطريات بعدة طرق وإجراءات وقائية منها:

1- تجفيف الحبوب بالسرعة الممكنة بعد الحصاد مباشرة ومنع إمتصاص الرطوبة الجوية بأجراء عملية التهوية المستمرة وتجانس توزيع الحرارة بين الحبوب والتخلص من الرطوبة الزائدة.

2- تجنب تكثف بخار الماء على سطح الحبوب وذلك عن طريق تثبيت درجة حرارة المخزن قدر الامكان.

3- منع تسرب أو تعرض المواد المخزونة للأمطار والحشرات.

4- مكافحة الحشرات والحلم والقوارض في المخزن, حيث أن نشاط هذه الأحياء يخلق ظروف مناسبة لنمو الفطريات من خلال زيادة الرطوبة والحرارة وتلف الغلاف البذري الذي يحمي الحبوب.

5- تقليل الأضرار الميكانيكية قدر الأمكان في الحبوب أثناء تداول وتخزين المحصول لإنها تعمل على سرعة مهاجمتها من قبل الفطريات.

6- عزل الحبوب المصابة بالفطريات عن السليمة.

7- التخزين في درجات حرارة منخفضة تقع بين 3-5 م°, فقد وجد أن الخزن بهذه درجة الحرارة لفترات طويلة وبوجود رطوبة عالية قد منعت نمو فطريات التي تسبب مشاكل في المخزن.

المراجع

الزبيدي, أحمد حيدر واحمد عبد الهادي ونظيمة قدوري.1986. كيمياء التربة. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي–جامعة بغداد, كلية الزراعة.

عبد الحميد, محمد عبد الحميد.2000.الفطريات والسموم الفطرية. كلية الزراعة–جامعة المنصورة. دار النشر للجامعات. جمهورية مصر العربية.

العراقي, رياض احمد.2010.أفات الحبوب والمواد المخزونة وطرائق مكافحتها. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. جامعة الموصل. ص 616.

Algimantas P., B. Bakutis, V.Baliukonienė, J. Šakalytė.2006.The search for ecologically safe means of mycotoxin detoxification in fodder. Ekologija. 3:128–131.

Ashviorth, L.J. and JL McMeans,.1966.Association of *Aspergillis flavus* and aflatoxins with a greenish yellow fluorescence of cottonseed. Phytopathology. 56: 1104.

Atroshi F, A Rizzo, S Sankari, I Biese, T Westermarck and P Veijalainen.2000. Liver enzyme activities of rat exposed to ochratoxin A and T2-Toxin with antioxidants. Bullentin of Environmental Contamination and Toxicology.64:586-592.

Chiou,R.Y, Y.W Pei, and H.Y Yue.1994.Color sorting of lightly roasted and deskinned peanut kernels to diminish aflatoxin contamination in commercial lots. J.Agric.Food Chem. 42:2156-2160.

Coomes, T.J., PC Crovither., AJ Feuell,. and BJ Francis,.1966. Experimental detoxification of groundnut meals containing aflatoxin. Nature. 209, 406.

Devegowda G., Raju M.V.L.N., Afzali N. and Swamy H.V.L.N., 1998. Mycotoxin picture world-wide: Novel solutions for their counteraction. In: Lyons T.P. and Jacques K.A. (eds). Biotechnology in the Feed Industry. Nottingham, UK: Nottingham University Press. p. 241-256.

Diaz, G.J., A Cortes., and L Roldan,.2005. Evaluation of the efficacy of four feed additives against the adverse effects of T-2 toxin in growing broiler chickens. Journal of Applied Poultry Research. 14:226-231.

Dickens, J.V. and TB Whitaker.1975. Efficacy of electronic color sorting and hand picking to remove aflatoxin contaminated kernels from commercial lots of shelled peanuts. Peanut Sci. 2:45.

Dwarakanath, C.T., ET Rayner., GE Mann,. and FG Dollear,.1968. Reduction of aflatoxin levels in cottonseed and peanut meals by ozonization. J. Am. Oil Chem. Soc. 45:93.

Gardner, H.K., SP Koltun,. and L Vix.1968. Solvent extraction of aflatoxins from oilseed meals. J. Agr. Food Chem.16:990.

James, L.J., and T.K. Smith.1982.Effect of dietary alfalfa on zearalenone toxicity and metabolism in rats and swine. J. Anim. Sci. 55:110-118.

Jaschke M, A Frank, and G Schatzmayr.2004.Mycofix plus detoxification of OTA. Dept. of Environmental Biotechnology. IFA-Tulln.

Kabak, B., AD Dobson., I Var .2006. Strategies to prevent mycotoxin contamination of food and animal feed: A review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 46:593-619.

Mann, G.E., HK Gardner, AN Booth, and MR Gumbmann,.1971. Aflatoxin inactivation. Chemical and biological properties of ammonia and methylamine treated cottonseed meal. J. Agr. Food Chem.19 :1155.

McKenzie KS, Kubena LF, Denvir AJ, Rogers TD, Hitchens GD, et al. (1998) Aflatoxicosis in turkey poults is prevented by treatment of naturally contaminated corn with ozone generated by electrolysis. Poult. Sci. 77: 1094-1102.

Miyaki, K., K Aibara,. and T Miura,.1967. Resistance of aflatoxin to chemical and biological changes by gamma irradiation. In: Nicrobiological Problems in Food Preservation by Irradiation p. 57-64. International Atomic Energy Agency, Vienna.

Motomura M, T Toyomasu, K Mizuno and T Shinozawa.2003. Purification and characterization of an aflatoxin degradation enzyme from *Pleurotus ostreatus*. Microbiol Res. 158(3):237-242.

Rayner, E.T. and FG Dollear.1968. Removal of aflatoxins from oilseed meals by extraction with aqueous isopropanol. J.Am. Oil Chem. Soc. 45,622.

Rayner, E.T., FG DOllear, and LP Codifer.1970. Extraction of aflatoxins from cottonseed and peanut meals with ethanol. J. Am. Oil Chem. Soc. 47:26.

Shantha T.2000.Fungi degradation of aflatoxin B1 .Natural toxins .7(5) :175-178.

Smith, E.E, T.D Phillips, J.A Ellis, R.B Harvey, L.F Kubena, J. Thompson and G. Newton.1994.Dietary Hydrated sodium calcium aluminosilicate reducation of Aflatoxin M1 residue in dairy goat milk and effects on milk production and components. J.Anim. Sci. 72:677-682.

Soliman K, and R Badeaa.2002.Effect of oil extracted from some medicinal plant on different mycotoxigenic fungi .Food and Chemical Toxicology. 40:1669-1675.

Sreenivasamurthy, J., HA Parpia, S Srikanta, and AS Murti.1967. Detoxification of aflatoxin in peanut meal by hydrogen peroxide. J. Assoc. of. Anal. Chem. 50:350.

Stangroom, K.E., and T.K. Smith.1984.Effect of whole and fractionated dietary alfalfa meal on zearalenone toxicosis in rats and swine. Can. J. Physiol. Pharmacol. 62:1219-1224.

Stefaan Van Dyck, Lic. Bart Vennekens, Dr Vet. Luis Conchello and D. Clifford A. Adms. Mycotoxin adsorption assays. International Poultry Production. 13(2):18-19.

Wang, P., Afriyie-Gyawu, E., Tang, Y., Johnson, N., Xu, L., Tang, L., Huebner, H., NA Ankrah, D Ofori-Adjei, RW Ellis, P Jolly, J Williams, JS Wang, and TD Phillips.2008. NovaSil The present clay intervention in Ghanaians at high risk for aflatoxicosis: II. Reduction in biomarkers

of aflatoxin exposure in blood and urine. Food Additives and Contaminants. 25:622-634.

Wu, Q.K., A Jezkova, Z Yuan, L Pavlikova, V Dohnal, and K Kuca. 2009. Biological degradation of aflatoxins. Drug metabolism review. 41:1-7.

Yiannikouris A., André G., Poughon L., François J., Dussap C.G., Jeminet G., Bertin G. and Jouany J.P.2006.Chemical and conformational study of the interactions involved in mycotoxins complexation with b-Dglucans. In: Biomacromolecules, 7(4). p. 1147-1155.

الفصل السادس

مفهوم تأثير السموم الفطرية في أنسجة النباتات

سموم عامة التأثير Non-host-selective fungal phytotoxins

سموم خصوصية العائل Host-specific toxins (HST)

آليات تأثير السموم الفطرية كـ Phytotoxic **في النسيج النباتي**

1- تثبيط عمل الأنزيمات

2- التداخل مع الأغشية الخلوية

3- تثبيط أستجابات دفاعات العائل

مفهوم تأثير السموم الفطرية في أنسجة النباتات

السموم الميكروبية هي نواتج الأيض التي تنتجها المسببات المرضية على النبات (فطريات، بكتيريا)، والتي تلعب دورا في التفاعلات بين نسيج النبات والتعبير عن المرض والتي تسبب تلف واضح للأنسجة النباتية والتي تكون غالبا مسؤولا عن تطور المرض والتي تسبب مختلف الأعراض المرضية بما في ذلك تنخر واصفرار وذبول ونضوح السوائل خارج الخلية وفي نهاية المطاف موت النباتات. هناك معيار واحد يبين أهمية أنتاج السم مع حدوث المرض هو أنه غالبا ما يرتبط أنتاج السم مع شدة فوعة المسبب الممرض.

السموم الفطرية تختلف في تأثيرها على النبات المصاب, من خلال التأثير في عمل الانزيمات لكنها لا تهاجم تركيب بناء الأنسجة ولكن قد تؤثر على عمليات الأيض الخلوي بطريقة مجهولة. أو أن لها تأثير مباشرة على البروتوبلازم الخلية، بينما نواتج الأيض الأخرى المنتجة من قبل المسببات المرضية قد تكون مركبات سكريات متعددة ذات وزن الجزيئي عالي تعمل على إعاقة تدفق السوائل في أوعية الخشب, وربما يؤدي إلى موت النبات.

السموم الفطرية المنتجة من الفطريات الممرضة التي تصيب النباتات ذات العلاقة بالأمراضية, تكون ذات أوزان جزيئية منخفضة, إذ قد تكون ببتيدات، والبعض الآخر مركبات تيربينويد. ومع ذلك، فأنه لا زال القليل معروف عن تركيب السموم التي تلعب دور اساسي في أمراض النبات. النشاط البيولوجي للسموم الفطرية وتأثيرها على انسجة النبات وخلاياها قد يكون من خلال عملها كمثبطات للإنزيم أو مثبطات لعمليات الأيض الثانوي أو التأثير في نفاذية أغشية الخلايا, كما أن فوعة المسبب المرضي تتعزز أحيانا من خلال قدرتها على إنتاج مركبات أيض ثانوية تكون سامة للخلايا, إذ تعمل على قتل الخلايا في الأنسجة المحيطة بمركز حدوث الإصابة بالفطر الممرض, كما تعمل السموم الفطرية على

زيادة فقدان النقل الألكتروني لأغشية الخلايا في أنسجة الأوراق النباتية المصابة للنبات الحساس للمرض.

تنتج المسببات المرضية الفطرية للنبات العديد من السموم التي تلعب دورا مهما في ظهور الأعراض المرضية بشكل مباشر أو غير مباشر, يطلق على هذه بالمركبات التي تسبب ظهور الأعراض المرضية بـــ Phytotoxic. حتى عام 1980، لم تكن آلية عمل السموم التي لها علاقة بالأمراضية معروفة والتي تسبب أعراض phytotoxic, بعد عام 1980 القليل جدا من العمل البحثي خصص في هذا المجال لفهم الآليات المسؤولة عن دور السموم المنتجة من قبل المسببات المرضية ودورها كـــ Phytotoxic في العائل النباتي.

تقسم هذه السموم ذات العلاقة بالأمراضية الى مجموعتين:

أ- سموم عامة التأثير Non-host-selective fungal phytotoxins

تؤثر هذه السموم في عدد كبير من أنواع النباتات, من هذه السموم سم الـــ Tentoxin وهو ببتيد حلقي يرتبط ويثبط عمل البروتين المسؤول عن نقل الطاقة في عمليات التركيب الضوئي, الذي يؤدي بدوره الى ظهور أعراض الإصفرار على أوراق النبات المصابة بالفطر*Alternaria tenuis*, كما يعمل على تعطيل عملية الفسفرة الضوئية المسؤولة عن إنتاج الطاقة, كما يثبط السم أنزيم Polyphenol oxidase الذي له دور في تحفيز المقاومة في النباتات ضد المسببات المرضية. إن هناك العديد من السموم الأخرى مثل سم Am-toxin وAF-toxin الذي ينتجها الفطر *Alternaria alternata*, بالأضافة الى عدة سموم منتجة من قبل الجنس Alternaria مثل سم Alternaric acid وAlternariol وZinniol التي لها الأثر الكبير في ظهور الأعراض المرضية على العائل المصاب. ينتج الفطر *Ceratiocystis ulmi* سم Ceratioulmin, والفطر *Fusicoocum amygdale* سم Fusicoccin التي لها تأثير في الغشاء البلازمي لخلايا الأنسجة النباتية المصابة. كما ينتج الفطر*Pyricularia oryzae* سم Pyricularin, والفطر *Cercospora* spp السم Cercosporin التي لها دور رئيسي كمسبب لموت الخلايا النباتية, وتكون أكثر تأثيرا عند

وجود الضوء وذلك لتاثير السمين في عمليات التركيب الضوئي. كما ينتج الفطر *Fusarium oxysporum* سموم Fusaric acid وLycomarasmin التي لها تأثيرات سامة للخلايا النباتية. سم الـــ Brefeldin A ينتج هذا المركب من الفطر *Penicillium decumbens*, الذي يسبب خلل في عمل أغشية الخلايا وبروتوبلاست الخلية. كما ينتج الفطر *Fusarium graminearum* سمي DON وNIV اللذان يعتبران كعاملين مسؤولين عن شراسة الفطر الممرض, يعود هذين السمين الى مجموعة سموم الترايكوثسينات, الية عمل هذه المجموعة هي تثبيط تصنيع البروتينات, إضافة الى إحداث خلل في نظام الأغشية الخلوية.

ب- سموم خصوصية العائل Host-specific toxins (HST)

تؤثر هذه السموم في العائل الذي يصيبه الفطر الممرض فقط (فطر متخصص على عائل معين) أو عدد قليل من الأنواع التابعة للعائل النباتي. هناك العديد من أنواع هذه السموم منها Victorin وهو معقد مكلور لببتيد خماسي شبه حلقي, يؤثر هذا السم في نفاذية الأغشية الخلوية, وزيادة معدل التنفس وتثبيط تصنيع البروتينات, ينتج هذا السم من قبل الفطر *Cochliobolus victoriae*. سم الـــ T-toxin وهو مركب يتكون من سلسلة طويلة من ذرات الكاربون من Polyketoids, يؤثر بشكل مباشر في المايتوكندريا حيث يتحد مع بروتين URF في غشاء الداخلي للمايتوكندريا مؤديا الى حدوث ثقوب فيها, مما ينتج عنه نضوح مكوناتها وبالتالي إنخفاض أنتاج الطاقة, ينتج السم من قبل الفطر *C.heterostrophus* الذي يصيب الذرة الصفراء. سم HC-toxin يعمل على تعطيل وسائل تنشيط الجين المسؤول عن تحفيز المقاومة في النبات العائل, ينتج هذا السم من قبل الفطر *C.carbonum* الذي يسبب مرض لفحة أوراق الذرة الصفراء. ينتج الفطر *Alternaria alternata*عدة سموم تصنف كسموم خصوصية العائل وسموم عامة التأثير في العائل مثل AM-toxin وAT-toxin و ACR-toxin.

آليات تأثير السموم الفطرية كـــ Phytotoxic **في النسيج النباتي**

تؤثر السموم الفطرية المنتجة من قبل بعض الفطريات الممرضة في العائل النباتي بعدة آليات:

1- تثبيط عمل الانزيمات

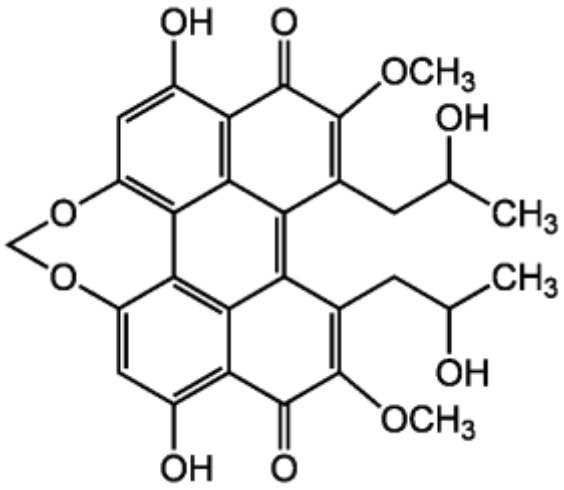
وصفت ثلاثة سموم فطرية كمثبطات لعمل الأنزيمات التي تشارك في تصنيع Sphingolipid هذه السموم هي AAL toxin وFumonisin B1 وAustralifungin, إن تثبيط تصنيع Ceramide يعمل على تراكم Sphingoid, مما يقود الى حدوث تسمم لخلايا الأنسجة المصابة بالفطر الممرض وبالتالي وموت النسيج النباتي.

2- التداخل مع الأغشية الخلوية

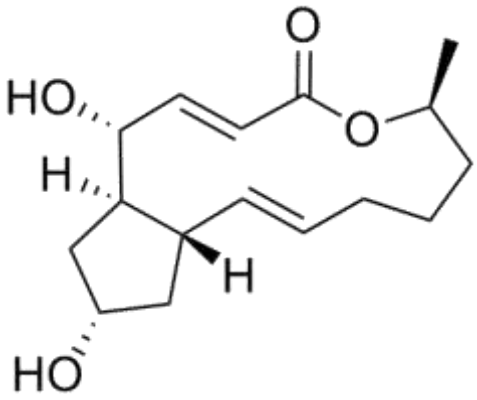
أول الأعراض ظهورا على النسيج النباتي الذي يتعرض لهذه السموم المنتجة من قبل المسبب الممرض هي نضوح السوائل الخلوية نتيجة حدوث خلل في الأغشية الخلوية للعائل النباتي نتيجة التداخل مع النقل الألكتروني للأغشية الخلوية, من هذه السموم Naphthazarin وDiyhdrofusarubin وIsomarticin التي تؤثر في أغشية الكلوروبلاست مؤدية الى ظهور أعراض إصفرار على الأوراق النباتية.

3- تثبيط إستجابات دفاعات العائل

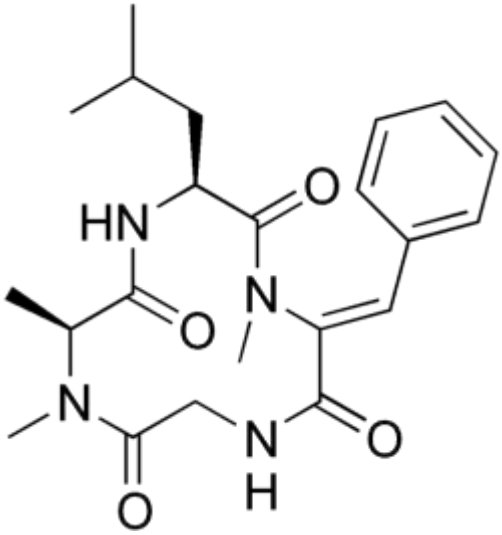
وجدت هذه الحالة في بعض السموم الفطرية التي تثبط دفاعات العائل, منها سم Helminthosporol المنتج من قبل الفطر *Cochliobolus sativus* المسبب لمرض تعفن جذور القمح, والذي يعمل كمثبط قوي لتصنيع β-1,3-glucan المسؤول عن تحفيز تكوين الكالس, الذي يصنع في الحالات الطبيعية كأستجابة لتحفيز المقاومة ضد المسببات الممرضة. كما أن هناك بعض السموم الفطرية تعمل على تثبيط فعالية أنزيم Phenylalanine ammonia-lyase الذي يعتبر المفتاح الرئيسي لدفاعات النبات المتحفزة ضد المسببات الممرضة, من هذه السموم الفطرية Cytocha-lasinA وZearalenone وPinolidoxin وPutaminoxin وFusarenone X.



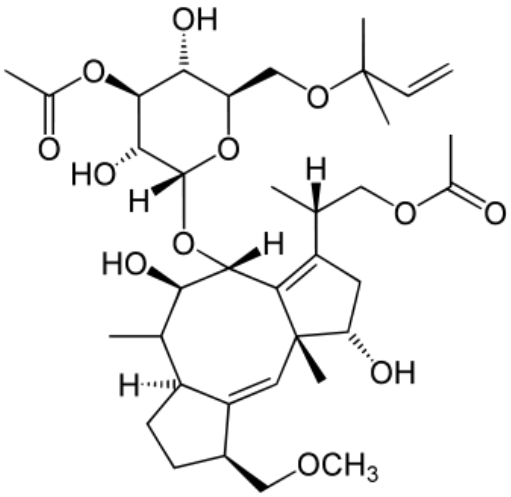
Cercosporin



Brefeldin A

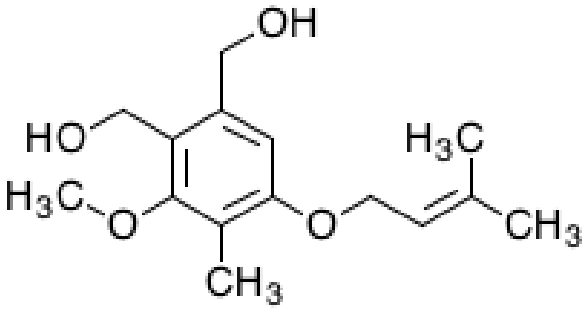


Tentoxin

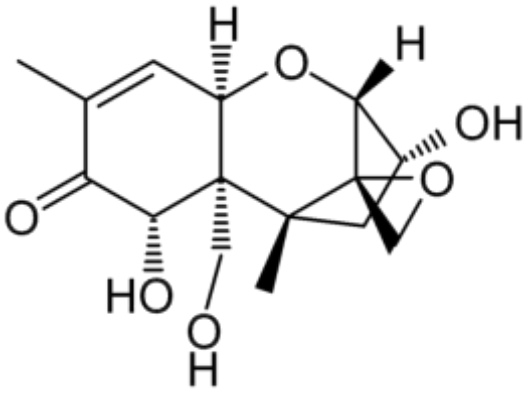


Fusicoccin

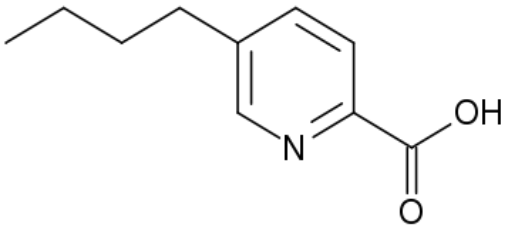
التراكيب البنائية لبعض أنواع السموم الفطرية التي تؤثر في الأنسجة النباتية.



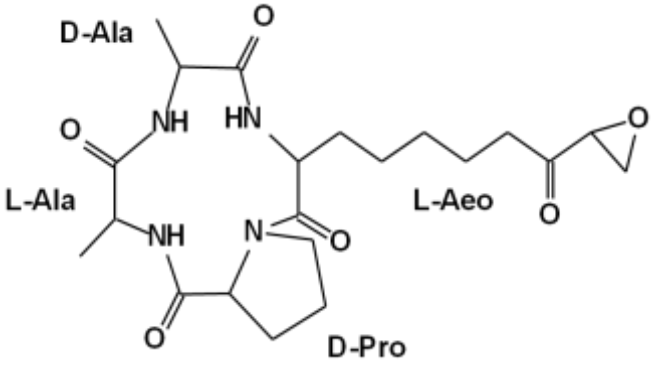
Zinniol



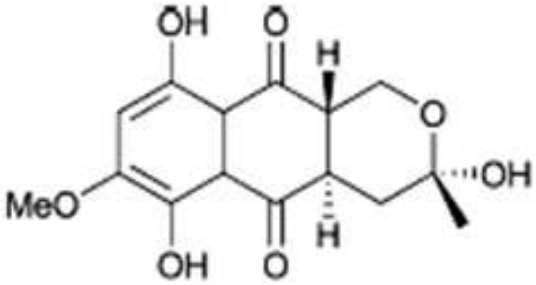
Deoxynivalenon



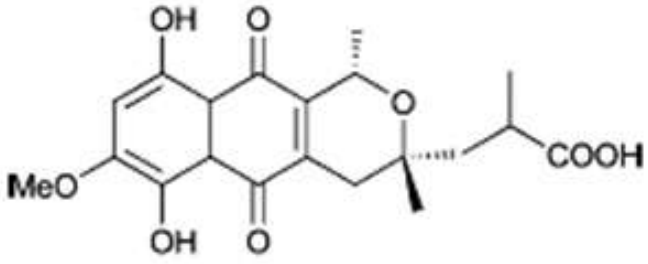
Fusaric acid



HC-toxin

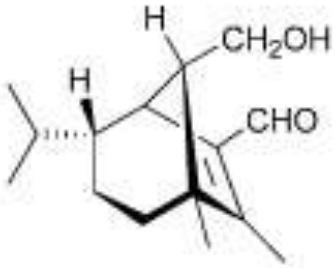


Dihydrofusaubin

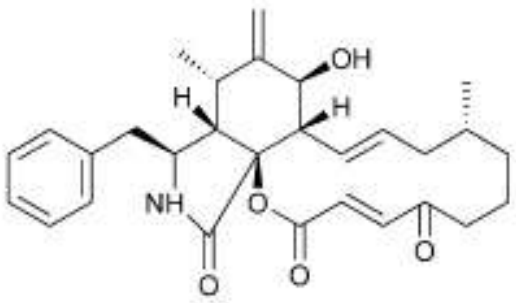


Isomarticin

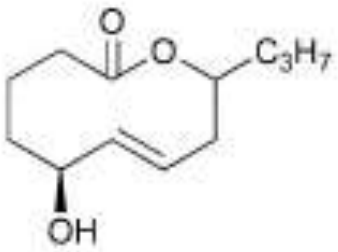
التراكيب البنائية لبعض أنواع السموم الفطرية التي تؤثر في الأنسجة النباتية.



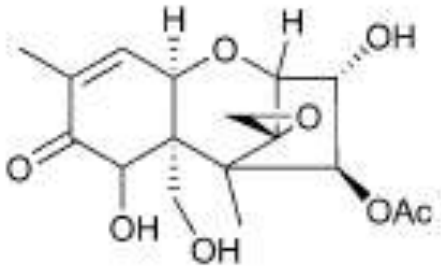
Helminthosporol



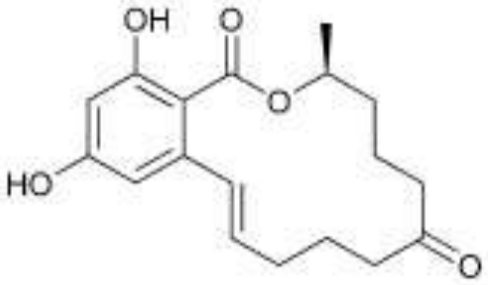
Cytochalasin A



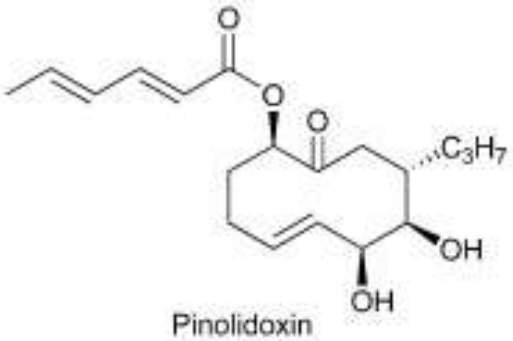
Putaminoxin



Fusarenone X



Zearalenone



Pinolidoxin

التراكيب البنائية لبعض أنواع السموم الفطرية التي تؤثر في الأنسجة النباتية.

المراجع

Achor D S., S. Nemec and R. A. Baker.1993. Effects of *Fusarium solani* naphthazarin toxins on the cytology and ultrastructure of rough lemon seedlings. Mycopathologia.123:117–126.

Aducci, P., Federico, R., and Ballio, A.1980.Interaction of a high molecular weight derivative of fusicoccin with plant membranes. Phytopath.Medit. 19:187-188.

Amusa, NA.1991.Extraction, characterization and bioassay of metabolities of some plant pathogenic species of Colletotrichum.Ph.D thesis, University of Ibadan, Nigeria 210 pp.

Baker, B., Zambryski P, Staskawicz B, Dinesh-Kumar SP.1997. Signaling in Plant-Microbe Interactions. Science. 276:726-733.

Barasch, I., Mor, H., Netzer, D., and Kashman, Y.1981.Production of zinniol by *Alternaria dauci* and its phytotoxic effect on carrot. Physiol. Plant Path. 19:7-16.

Briquet M, Vilret D, Goblet JP, Mesa M, Eloy MC.1998.Plant cell membranes as biochemical targets of the phytotoxin helminthosporol. J. Bioenerg. Biomembr. 30:285-295.

Ilgen, P., Maier, FJ., Schäfer, W.2008.Trichothecenes and lipases are host induced and secreted virulence factors of *Fusarium graminearum*. Cereal Research Communications.36 (Suppl. B): 421-428.

Kim YW, Sharma RP, Eisner Y.1991.Effects of T2-toxin and its congeners on membrane functions of cultured human fibroblasts. Mycotoxin Res. 7:19–28.

Li X, Lin H, Zhang W, Zou Y, Zhang J, Tang X, Zhou JM.2005. Flagellin induces innate immunity in nonhost interactions that is suppressed by *Pseudomonas syringae* effectors. Proc.Natl.Acad.Sci USA.102:12990–12995.

Macri, F., and Vianello, A., 1979. Photodynamic activity of cercosporin on plant tissues. Plant Cell Envir. 2:267-271.

Mandala SM, Thornton RA Fromer BR, Curotto JE, Rozdilsky W, Kurtz MB, Giacobbe RA, Bills GF, Cabello MA, Martin I, Pelaez F, Harris GH. 1995.The discovery of australifungin, a novel inhibitor of sphinganine N-acyltransferase from *Sporormiella austalis*. J.Antibiotics. 48:349–356.

Mezzetti B., R. Capasso, A. Evidente, F. A. Hammerschlag, R. H. Zimmerman, G. Cristinzio and P. Rosati. 1994.Interaction of Partially Purified Phytotoxins from *Phytophthora cactorum* on Apple Cell Plasma Membrane. J. Phytopathol.142:219–226.

Scheffer RP, Briggs P.1981. A perspective of toxin studies in plant Pathology In Toxin in Plant Disease (Durbin, R.D. ed) P.1-17. Academic Press New York.

Singleton, V. L., and Bohonos, N., 1964.Chemical characterization of the mold product decumbin. Agric. biol. Chem. 28:77-81.

Singleton, V. L., Bohonos, N., and Ullstrup, A. J., Decumbin, 1958.A new compound from a species of Penicillium. Nature. 181:1072-1073.

Turner, JG.1986.Activities of ribulose-l,5-bisphosphate carboxylase and glutamine synthetase in isolated mesophyll cells exposed to tabtoxin. Physiol Mol. Plant Pathol. 29:59-68.

Vurro, M. and B.E. Ellis,.1997.Effect of fungal toxins on induction of phenylalanine ammonia-lyase activity in elicited cultures of hybrid poplar. Plant Sci. 126:29–38.

Wang H., J. Li, R. M. Bostock and D. G. Gilchrist.1996. Apoptosis: A Functional Paradigm for Programmed Plant Cell Death Induced by a Host-Selective Phytotoxin and Invoked during Development.Plant Cell. 8:375–391.

Yamazaki, S.A., Okubo, A., Akiyama, Y., and Fuwa, K.1975. Cercosporin, a novel photodynamic pigment isolated from *Cercospora kikuchii*. Agric. biol. Chem. 39:287-288.

الفصل السابع

نبذة تعريفية عن تقانة النانو

محولات الطاقة الضوئية Optical transducers

محولات متحسس الكتلة Mass sensitive transducers

تطبيقات النانوتكنولوجي في تحطيم السموم الفطرية

نبذة تعريفية عن تقانة النانو

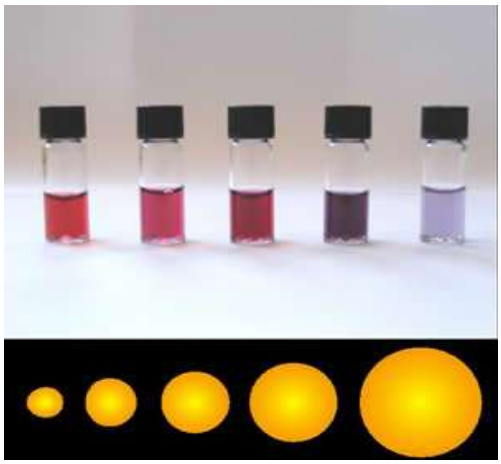
تقانة النانو هي العلم الذي يهتم بدراسة معالجة المادة على المقياس الذري والجزيئي, تهتم تقانة النانو بأبتكار تقنيات ووسائل جديدة تقاس أبعادها بالنانومتر وهو جزء من ألف من الميكرومتر أي جزء من المليون من الميليمتر. عادة تتعامل تقنيات النانو مع قياسات بين 0.1 إلى 100 نانومتر أي تتعامل مع تجمعات ذرية تتراوح بين خمس ذرات إلى ألف ذرة. وهي أبعاد أقل كثيرا من أبعاد البكتيريا والخلية الحية.

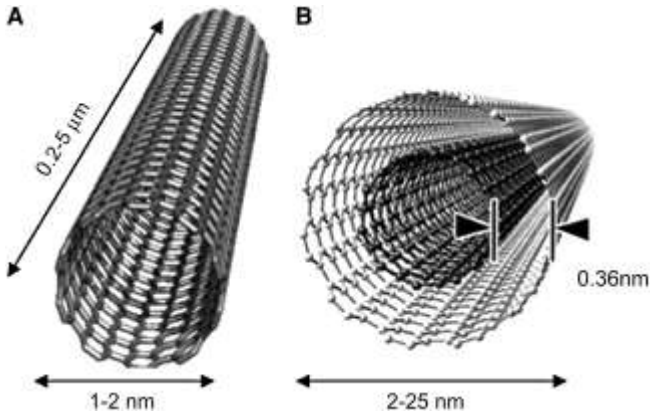
ان للتطور التقني الهائل في القرن العشرين الذي هو السمة الفريدة, ولقد ودعناه قبل بضع سنوات، وقد أجمع الخبراء على أن أهم تطور تقني في النصف الأخير من القرن الحالي هو اختراع إلكترونيات السيليكون أو الترانزستر، فقد أدى تطويرها إلى ظهور ما يسمى بالشرائح المصغرة أو الـــ (MicroChips), والتي أدت إلى ثورة تقنية في جميع المجالات مثل الأتصالات والحاسوب والطب وغيرها. ففي عام 1950 لم يوجد سوى التلفاز الأبيض والأسود، وكانت هناك فقط عشرة حواسيب في العالم أجمع. ولم تكن هناك هواتف نقالة أو ساعات رقمية أو الإنترنت، كل هذه الاختراعات يعود الفضل فيها إلى الشرائح المصغرة, وقد أدى ازدياد الطلب عليها إلى انخفاض أسعارها بشكل كبير مما سهل في دخولها لتصنيع جميع الإلكترونيات الاستهلاكية التي تحيط بنا اليوم. وخلال السنوات القليلة السابقة، برز إلى الأضواء مصطلح جديد ألقى بثقله على العالم وأصبح محط إهتمام بشكل كبير، هذا المصطلح هو "تقانة النانو". تعتبر مجالات علوم المواد والأتصالات مع علوم الفيزياء، الهندسة الميكانيكية والهندسة الحيوية والهندسة الكيميائية تشكل اختصاصات فرعية متعددة تبحث في مجال خواص المادة على هذا المستوى الصغير.

تعد هذه التقانة الواعدة والتي تبشر بقفزة هائلة في جميع فروع العلوم، ويرى المتفائلون أنها ستلقي بظلالها على كافة مجالات الطب الحديث والاقتصاد العالمي والعلاقات الدولية وحتى

الحياة اليومية للفرد العادي فهي وبكل بساطة ستمكننا من صنع أي شيء نتخيله وذلك عن طريق صف جزيئات المادة إلى جانب بعضها البعض بشكل لا نتخيله وبأقل كلفة ممكنة، فلنتخيل حواسيباً خارقة الأداء يمكن وضعها على رؤوس الأقلام والدبابيس، ولنتخيل أسطولا من روبوتات النانو الطبية والتي يمكن لنا حقنها في الدم أو ابتلاعها لتعالج الجلطات الدموية والأورام والأمراض المستعصية. تكمن صعوبة تقانة النانو في مدى إمكانية السيطرة على الذرات بعد تجزئة المواد المتكونة منها. فهي تحتاج إلى أجهزة دقيقة جدا من جهة حجمها ومقاييسها وطرق رؤية الجزيئات تحت اجهزة الفحص. كما أن صعوبة التوصل إلى قياس دقيق عند الوصول إلى مستوى الذرة يعد من الصعوبات التي تواجه هذا العلم الجديد الناشئ. بالإضافة ما يزال هناك جدل ومخاوف من تأثيرات تقنيات النانو،

استخدامت المواد والمركبات النانوية مثل أشباه الموصلات وأسلاك البوليمر نانوية، ومن الجسيمات النانوية (أنابيب كربون نانوية، جسيمات سيليكا نانوية، dendrimers، معادن نبيلة نانوية، رقاقات ذهب نانوية، جسيمات بوليمر نانوية). استخدمت هذه المواد في تطبيقات المتحسسات الحيوية Biosensor.





أشكال جزيئات نانوية المستخدمة لبعض التطبيقات في علم النانوتكنلوجي. يمين- انابيب كاربون نانوية. يسار- جزيئات ذهب نانوية حيث يختلف لون الذهب حسب جزيئاته من اللون البنفسجي للجزيئات الكبيره ويتدرج الى اللون الاحمر للجزيئات الاصغر.

يمكن تطبيق تكنولوجيا النانو في أجهزة الاستشعار المحوله او الثابتة، ان تطوير المتحسسات وتطبيقها شجع بسبب المزايا الممتازة التي تقدمها هذه المواد في اختزال حجم الأجهزة، والتحسينات التي تؤدي إلى الدقة العالية، وكذلك تضخيم إلاشارة من خلال استخدام الجسيمات النانوية كمؤشرات, اذ تزيد من حساسية الأجهزة وتسمح أيضا بأبتكار أنظمة جديدة متعدد الأستشعار. ان نسبة المساحة السطحية الى الحجم الذي تقدمة المواد النانوية يجعل حساسية اجهزة الكشف كفوءة للغاية ويمكن أن تسمح للكشف عن جزيء واحد الذي يعد مهم جدا في رصد الملوثات ومنها السموم. إن المزايا التي تقدمها تقنيات النانوتكنلوجي من الحجم الصغير والسرعات العالية وانخفاض استهلاك الطاقة والحاجة إلى جهد كهربائي منخفض لتحقيق نفس النتائج مقارنة مع مواد أشباه الموصلات الاخرى.

فقد أستخدامت البلورات النانوية في تطبيقات جديدة للمواد متناهية الصغر (النانوية) من خلال ربطها او تركيبها مع الأجسام المضادة, هذه البلورات النانوية وجزيئات أخرى يمكن استخدامها في الكشف عن مواد مختلفة في نفس الوقت (الاستشعار متعدد).

وقد تم تطبيق طرق تحليل والكشف عن السموم الفطرية باستخدام جزيئات الذهب النانوية, اذ وضعت Xiulan وزملائها طريقة للكشف عن الـــAFB1, اذ طورت هذه التقنية من خلال ربط الاجسام المضاده لسم AFB1 مع جزيئات الذهب النانوية. وفي عام 2006 استخدم Liu واخرون جزيئات الذهب وربطها بالسم لكي يصمم فحص جديد للتحليل والكشف عن الأفلاتوكسين B1. تعتبر جزيئات الذهب من السهل تطبيقيا استخدامها في ربط الأجسام المضادة وإجراء الفحص بالاستعانة بتقنية الاليزا (ELISA), إذ يتم الكشف عن المركبات المستهدفة من خلال متحسس وهو عبارة عن قطب كهربائي, ومن خلال تعزيز إشارة من قبل الأنزيم الذي يعطي إشارة الى سطح محول الكهروكيميائية الذي يحولها بدوره الى نتائج رقمية مقروءة.

إن التطور في إنتاج المتحسسات الدقيقة للكشف عن السموم الفطرية إزداد بسبب خصائصها الجاذبة العالية مما يجعلها حساسة في الكشف عن التراكيز المنخفضة للغاية.

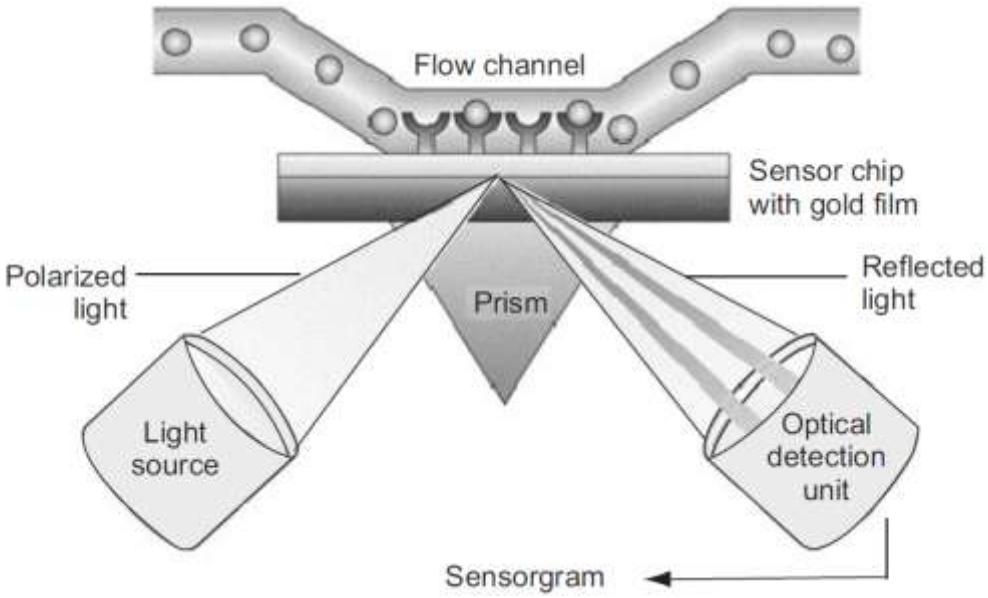
يتم تعريف المجس البيولوجي كجهاز محلل احيائي يتكون من إدماج عناصر جزيئية مرتبطة أو متكاملة مع محولات كيموفيزيائية. حتى الآن هناك خمسة أنواع من محولات مستخدمة في أجهزة المجس البيولوجي وتشمل: الكهروكيميائية، والكتلة الحساسة والمحول البصري او الضوئي ومحولات الطاقة المسعرية ومحولات الطاقة المغناطيسية.

اما منظمة الـــ IUPAC أعطت تعريف اخر للمجس البيولوجي بأنه جهاز متكامل قائم بذاته، وهي قادرة على تزويدنا بالمعلومات الخاصة للتحليل الكمي أو شبه كمي وتستخدم عنصر التعريف البيولوجية (مستقبلات البيوكيميائية) التي يتم الأحتفاظ في إتصال مباشر مع محولات العنصر.

محولات الطاقة الضوئية Optical transducers

تعتمد هذه التقانة في الكشف عن السموم الفطرية على المجسات الحيوية بأعتماد ظاهرة التألق والتحليل الطيفي للدليل الموجي المرئي و(Surface Plasmon Resonance SPR), حيث ان المبدأ المستخدم في الكشف عن السموم الفطرية هو محولات الطاقة الضوئية التي تستشعرها المتحسسات وتحول هذه الاشارات الى ارقام يمكن الاستفاده منها لمعرفة تركيز ونوع السم. تعد تقنية الـــ SPR الاوسع استخداما, حيث يعتمد اساس عملها على التفاعل بين الجزئية المستهدفة (السم) والمستقبل وبدون الحاجة الى مركبات معلمة, المستقبل عادة مرتبط بسطح المجس الاحيائي, ارتباط الجزيئة المستهدفة بالمستقبل يعمل على تغييرات في معامل الانكسار الضوئي وبالتالي يتمكن المتحسس من أستقبال وتحويلها الى أرقام يمكن قرائتها. يعتبر جهاز BiaCoreTM الذي يعتمد في عمله على المجس الاحيائي وهو الأكثر إستخداما, والذي يعتمد في عمله على تقنية SPR- based optical transducer, ذو نظام تحكم اوتوماتيكي مبرمج من قبل جهاز كومبيرتر, رقاقة المتحسس تحوي أربعة قنوات لغرض تحليل العينات منها واحد تعتبر كمقارنة. الرقاقة مطلية بطبقة من الذهب ذو قابلية على الأرتباط بطيف واسع من الجزيئات. حيث يمكن الكشف عن عدة سموم بهذه الطريقة, إذ استغلت إمكانية ارتباط السم مع الجسم المضاد الذي حفزه من خلال

ربط السم او الجسم المضاد على سطح الرقاقة باستخدام مواد كيميائية تعمل على تثبيتها على السطح, وبما ان التفاعل بين السم والجسم المضاد المحفز ضده يمكن عكسها (فك الارتباط) فقد امكن تصنيع رقاقة تتمكن من الكشف عن عدة سموم فطرية في نفس العينة, بالاضافة الى امكانية استخدام الرقاقة عدة مرات.



جهاز الـــ SPR- based optical transduce المستخدم في الكشف عن السموم الفطرية.

محولات متحسس الكتلة Mass sensitive transducers

إن إستخدام أجهزة الأستشعار الكهروضغطية او الصوتية بالاعتماد على إستخدام بلورات الكوارتز الدقيقة QCM, تشتمل أجهزة الاستشعار كهرضغطية بلورة الكوارتز المغلفة بألكترونات الذهب, وهي تستخدم بمثابة متحسسات دقيقة للتغيرات في كتلة على سطح المستشعر. أستخدمت هذه التقنية بشكل موسع في مجال الطب. استخدمت المتحسسات المناعية في مجسات للكشف عن السموم الفطرية, إذ تربط الأجسام المضادة للسموم الفطرية على أسطح بلورات الكوارتز, ويتم الكشف عن السم المستهدف وبعدة تقنيات منها أستخدام مركب 3-mercaptopropionic acid (MPA), الذي تعامل به

بلورات الكوارتز لربط مصل دم البقر مع السم المستهدف BSA–Toxin على سطح البلورات والتي تتنافس مع السم Toxin الحر في العينة على مواقع الأجسام المضادة للسم, ومن خلال إضافة انزيم anti-IgG-horseradish peroxidase الذي سوف يرتبط مع الجسم المضاد للـــ Anti-Toxin, الانزيم horseradish peroxidase سوف يعمل على أكسدة مركب 4-chloro-1-naphthol وبيروكسيد الهيدروجين ينتج عنه مركب غير قابل للذوبان يستطيع سطح المتحسس للجهاز استشعار وتحويلة الى ارقام يمكن من خلالها كشف نوع وتركيز السم المستهدف. حساسية الكشف عن السموم بهذه الطريقة تصل الى 0.01–10.0 ميكغم/لتر.

تطبيقات النانوتكنولوجي في تحطيم السموم الفطرية

برز في الأونة الأخيرة علم مهم اطلق عليه علم النانوتكنولوجي, دخل هذا العلم في معظم نواحي الحياة كالطب والهندسة والميكانيك والكمبيوتر وغيرها, وكان لعلم السموم الفطرية نصيب منها, اذ أستغلت هذه التكنلوجيا الحديثة في إبتكار مواد قادرة على إدمصاص وتحطيم السموم الفطرية. أوضحت الدراسات الى إشتقاق مركب من معدن الطين المونتمورينوليت وبأستخدام تقنية النانو تم تحويلة الى دقائق نانوية متناهية الصغر لها القابلية على الأرتباط بسموم الأفلاتوكسين والزيرالينون والدي اوكسي نيفالينول. كما اظهرت دراسة الى أن الزيوليت والطين لها مقدرة عالية على الأرتباط بسموم الأفلاتوكسين وأختزال امتصاص السم من قبل الحيوانات. بينت دراسة الى استخدام جزيئات الماس النانوية لأدمصاص السموم الفطرية داخل الأمعاء والجهاز الهضمي, حيث لأزال البحث في قيد التطوير.

المراجع

Binder, E. M. 2007. Managing the risk of mycotoxins in modern feed production. Animal Feed Science and Technology. 133:149–166.

Borisov S.M. and Wolfbeis O.S.2008.Optical Biosensors. Chem. Rev. 108 (2): 423–461.

Cooper, M A.2002.Optical biosensors in drug discovery. Nature Reviews Drug Discovery. 1:515–528.

Cooper, M.A. and V.T Singleton.2007. A survey of the 2001 to 2005 quartz crystal microbalance biosensor literature: applications of acoustic physics to the analysis of biomolecular interactions. J. Molec. Recognit. 20:154–184.

EFSA.2009.Proceeding of Conference on Nanotechnology for a sustainable economy, Prague June 2-5, 2009, pub European Commission<ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/enf 2009_proceedings_en.pdf>.

Gaag, VD, S Spath, H Dietrich, E Stigter, G Boonzaaijer, T Osenbruggen, and K Koopal.2003.Biosensors and multiple mycotoxin analysis. Food Control. 14:251–254.

Gibson N., Z. Fitzgerald, T.-J. Luo, O. Shenderova, V. Grichko, V. Bondar, A. Puzur and D. Brenner.2007. Nanodiamonds for Detoxification. Nanotech. 2: 713-716.

Jin X, X Jin, X Liu,L Chen, J Jiang,G Shen, and R Yu.2009. Biocatalyzed deposition amplification for detection of aflatoxin B1 based on quartz crystal microbalance. Anal. Chim. Acta. 645:92–97.

Jones R. L.2004. Soft Machines: Nanotechnology and Life. Oxford, UK: Oxford University Press.

Ligler, FS. and CR Taitt.2008. Optical Biosensors: Today and Tomorrow. 2nd edition, Elsevier BV, Amsterdam, The Netherlands, 712.

Liu, Y., Z Qin, X Wu and H Jiang.2006. Immune-biosensor for aflatoxin B1 based bio-electrocatalytic reaction on micro-comb electrode. Biochemical Engineering Journal 32: 211–217.

Logrieco, A., DW Arrigan, K Brengel-Pesce, P Siciliano, and IE Tothill. 2005. Microsystens technology solutions for rapid detection of toxigenic fungi and mycotoxins. J. of Food Additives and Contaminants. 22:335-344.

Mogilnaya OA., AP. Puzyr., AV. Baron., VS. Bondar.2010. Hematological Parameters and the State of Liver Cells of Rats After Oral Administration of Aflatoxin B1 Alone and Together with Nanodiamonds. Nanoscale Res Lett. 5: 908–912

Shi, YH., ZR. Xu, JL. Feng, and CZ. Wang. 2006. Efficacy of modified montmorillonite nanocomposite to reduce the toxicity of aflatoxin in broiler chicks. Animal Feed Science and Technology 129: 138–148.

Thévenot, DR, K Toth, RA Durst, and GS Wilson.1999.Electrochemical biosensors: Recommended definitions and classification. Pure and Applied Chemistry. 71: 2333-2348.

Tudos, A.J., ER Lucas, and EC Stigter.2003.Rapid surface plasmon resonance based inhibition assay of deoxynivalenol. J. Agric. Food Chem.51:5843–5858.

Uludag, Y. and I.E Tothill.2010. Development of a sensitive detection method for cancer biomarkers in human serum (75%) using a quartz crystal microbalance sensor and nanoparticles amplification system. Talanta. 82:277–282.

Wang, J.2005. Nanomaterial– based electrochemical biosensors. Analyst. 130: 421-426.

Xiulan, S., Xiaolian, Z., Jian, T., Zhou, J. and Chu, F. S. 2005. Preparation of gold-labeled antibody probe and its use in immunochromatography assay for detection of aflatoxin B1. International Journal of Food Microbiology. 99:185-194.

Ying-hua, S., X. Zi-rong, F. Jian-lei, H. Cai-hong, X. Mia-sheng. 2005. In vitro adsorption of Aflatoxin Adsorbing Nano-additive for Aflatoxin B1, B2, G1, G2. Scientia Agricultura Sinica. 38(5):1069-1072.

الفصل الثامن

التغيير المناخي والسموم الفطرية

التغيير المناخي والسموم الفطرية

ان التغير المناخي الذي طرأ على مناخ الكرة الأرضية في الأونة الأخيرة هو نتيجة إنبعاث غازات الدفيئة, والتي قد أثرت وبشكل كبير وواسع على انتشار وتوزيع الكائنات الحية المجهرية ومنها الفطريات المنتجة للسموم الفطرية. اتجهت العديد من البحوث والدراسات مؤخرا حول تأثير التغيير المناخي في مدى تلوث المحاصيل الزراعية بالسموم الفطرية, إذ أشارت دراسة الى أن أهم السموم الفطرية الملوثة لمحصول الذرة الصفراء في الولايات المتحدة الأمريكية هو Aflatoxins وFumonisins وDON, وهو إنعكاس لمدى إنتشار والتلوث بالفطريات المنتجة لهذه السموم الفطرية, فيمكن للتغيير المناخي أن يغير قابلية إنتشار وتوزيع فطر ما ينتج سموم فطرية نتيجة توافر الظروف الملائمة لانتشارة وتكاثره, بذلك يؤدي لتحول أهمية سم فطري ما من ثانوي الى سم فطري رئيسي. كما أن ظاهرة التغيير المناخي تؤثر في مدى انتشار وتوزيع الأفات الحشرية والغير حشرية (حلم) التي لها دور مهم واساسي في نشر الفطريات السامة وخصوصا في المخازن وبالتالي اتساع احتمالية التلوث بالسموم الفطرية.

أصبح الأمن الغذائي قضية مهمة جدا في جميع أنحاء العالم، والآثار المحتملة لتغير المناخ على غلة ونوعية المحاصيل الزراعية الغذائية، وأثر ذلك في التلوث بالسموم الفطرية. تلقى هذا الموضوع إهتماما واسع وخصوصا من منظور تحليل المخاطر على الانسان والحيوان. العديد من المحاصيل الأساسية (الحبوب، والمكسرات، والفواكه) يمكن تصاب وتستعمر من قبل أجناس من الفطريات Aspergillus وFusarium وPenicillium وتنتج العديد من المركبات الثانوية السامة في الأجزاء الصالحة للأكل, هذه يمكن أن يكون لها تأثير كبير على صحة الإنسان والحيوان لأنها يمكن أن تكون مسببة للسرطان (مثل الأفلاتوكسين). تعتبر السموم الفطرية من المركبات المستقره حراريا، وبالتالي من الصعب التخلص منه أثناء

معالجة. وقد أدى هذا في وضع القوانين التشريعية الصارمة لحدود تواجد السموم الفطرية في أجزاء كثيرة من العالم على مجموعة واسعة من المواد الغذائية .

أن الزيادة المتوقعة في درجات الحرارة للسنوات القادمة نتيجة الإحتباس الحراري سوف يؤدي الى أرتفاع متوقع في درجات الحرارة, ففي جنوب قارة أوربا من المتوقع إرتفاع درجات الحرارة بين 4–5 درجة مئوية, وهذا سوف يؤدي إنخفاض إنتاج المحاصيل الزراعية نتيجة فترات جفاف طويلة, وزيادة مساحة الأراضي المتصحرة . أما دول أوربا غرب الأطلسي فمن المتوقع أرتفاع درجات الحرارة بين 2–5 درجة مئوية والذي ينتج عنه صيف حار جدا وجاف. أما مناطق وسط اوربا فزيادة درجات الحرارة بين 3–4 درجة مئوية سيؤي الى زيادة في هطول الأمطار. اما مناطق البحر الأبيض المتوسط فهي مصنفة ضمن الدول الحارة وقد حدث تغيير كبير ومتطرف في درجات الحرارة وهذا يوثر في كمية غاز ثاني اوكسيد الكاربون ومعدل هطول الأمطار والذي بدوره قد يقود الى تأثيرات في الحالة الفسلجية للنباتات بما في ذلك سطوح اوراق النبات والنتح والتمثيل الضوئي, وبالتالي تهيئتها للأصابة والغزو من قبل الآفات والمسببات المرضية. هناك أدلة علمية تشير الى أن زيادة معدل ثاني أوكسيد الكاربون بين 600–700 ملغم/كغم ودرجات الحرارة 4 درجة مئوية سوف يؤثر في توزيع الفلورا الفطرية في محيط الحبوب أثناء فترة نضجها, وهذا قد يوثر في استعمار الفطريات المنتجة للسموم الفطرية التي تلوث المنتجات الزراعية والأغذية.

في البلدان النامية التي تعاني من إجهاد الجفاف والتي تحاول الحفاظ على الأمن الغذائي, أدخلت زراعة محاصيل الذرة الصفراء وفستق الحقل بدلا من زراعة الذرة البيضاء المتحملة للأجهاد الحراري والجفاف, هذا أدى الى زيادة تلوث محصولي الذرة الصفراء وفستق الحقل بسموم الأفلاتوكسينات, كون هذين المحصولين غير متحمل للأجهاد المائي والحراري الذي جعله عرضة للأصابة بالفطريات المنتجة للسموم الفطرية, والتي تؤثر على جودة المحصول بشكل كبير وقابليته على الأستهلاك والتصدير.

وأوضح مثال لتغير المناخ أثر ذلك في تلوث المحاصيل بالسموم الفطرية, هو أن التغييرات في توزيع وأصابة والحبوب بالفطر Fusarium المسبب الأمراض اللفحة وتلوث المحاصيل المصابة به بسم DON. شملت الدراسة الفطرين *F.culmorum* و*F. graminearum* اللذان يصيبان العديد من محاصيل الحبوب ودور ذلك في تناوب زراعة هذه المحاصيل في نفس الأرض او المنطقة .

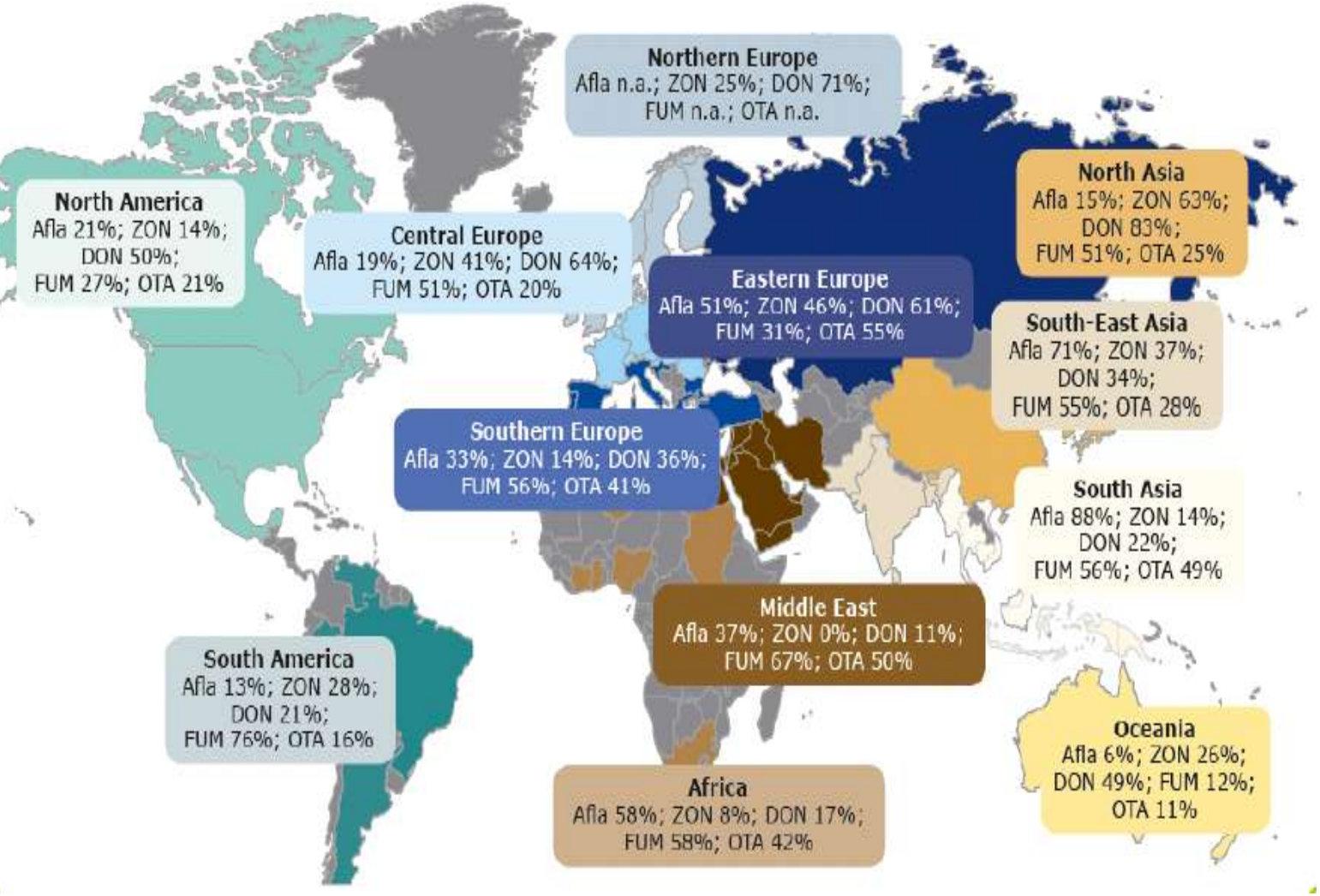
أشارت دراسة للاعوام بين 2003–2004 الى تعرض مناطق جنوب ايطاليا الى ظروف جفاف شديد, والتي تشتهر بزراعة وبأنتاج محصول الذرة الصفراء, وهو من المحاصيل الرئيسة في تغذية حيوانات ماشية الحليب, وجد ان الفطر *F.verticillioides* المنتج لسم الفيومونوزين كان الاكثر أنتشار وتلويثا لمنتجات الذرة الصفراء, أذ أن درجات الحرارة بين 25–30 درجة مئوية كانت المثلى لأنتاج السم بتراكيز عالية. كما أن ظروف الجفاف ودرجات الحرارة العالية هيأت بيئة مناسبة للفطر *A.flavus* الذي أصبح مشكلة حقيقية كبيرة كون الفطر ينمو في مدى واسع من درجات الحرارة 19–35°م, إذ شخصت بعض السلالات من الفطر تنمو في محتوى مائي في الحبوب يصل الى a_w 0.73, وتنتج الأفلاتوكسين في محتوى مائي a_w 0.83, اما الفطر *F.verticillioides* فينمو في محتوى مائي a_w 0.90 وينتج سم الفيومونوزين بمحتوى مائي a_w 0.93. إن التغيير في المناخ يمكن ان يؤثر بشكل مباشر في تلوث المحاصيل الزراعية بالسموم الفطرية. وجد أن محصول فستق الحقل وتحت ظروف الجفاف تحصل تشققات وصدوع في قرناته تحت سطح التربة, وهذا بدوره يزيد من الاصابة بالفطر *A.flavus* والتلوث بسموم الافلأتوكسين. كما أن الحصاد المتأخر لمحصول الذرة الصفراء يؤدي الى تعرضه للرطوبة العالية نتيجة سقوط الامطار وبالتالي غزوها بالفطريات المنتجة للسموم الفطرية نتيجة زيادة المحتوى الرطوبي في الحبوب.

تعتبر بذرور القطن بشكل خاص عرضة للتلوث بسموم الأفلاتوكسين في المناطق الأكثر جفافا في الولايات المتحدة الأمريكية. وقد تبين أن الظروف الحارة والرطبة تؤدي إلى

التلوث بشكل أعلى بالأفلاتوكسين في ولاية اريزونا وخاصة في بذور القطن المعدل وراثيا Bt CottenSeed. في الواقع ان تأخر موسم الحصاد وري للمحصول وتعرضه للأمطار والندى خلال الفترات الدافئة نسبيا قد ادت الى زيادة الاصابة بالفطر *A.flavus* وبالتالي التلوث بالأفلاتوكسين.

ركزت العديد من الدراسات من خلال إستعراض المراجع والمعلومات المتاحة عن التغيير المناخي العالمي, وأثر ذلك في انتشار الفطريات السامة ومنتجاتها الثانوية, والذي يكون ذا صلة مباشرة مع انتشار وتوزيع أجناس الفطريات المعروفة في إنتاجها للسموم الفطرية على بعض المنتجات الزراعية الرئيسية التي لها علاقة مباشرة في الغذاء للبلدان النامية والمتقدمة. ان التغيير في عوامل المناخ يكون لها الأثر العميق في إنتشار وتوزيع ونمو الفطريات وإنتاج السموم الفطرية بشكل نسبي. أن المخاطر الرئيسية في البلدان المتقدمة تكون في المناطق ذات المناخات المعتدلة, ويستند هذا على درجات الحرارة إلى تزيد عن 30 درجة مئوية، والذي من شأنه أن يفضي إلى إنتاج سموم الأفلاتوكسينات والفيومونوزينات, وبالتالي زيادة مخاطر التلوث بهذه السموم الفطرية. أما في المناخات الباردة يعد التلوث بالسموم الفطرية مثل الباتيولين والأوكراتوكسين A الأكثر أهمية مقارنة منها بالظروف المناخية ألاكثر دفئا والذي من شأنه أن يؤدي إلى استعمار جنس الفطر Penicillium وخاصة النوعين *P.expansum* و *P.verrucosum*.

ويعتقد أن في مناطق مثل أفريقيا والمناخات المدارية الأكثر سخونة والتي هي ذات فترات جفاف طويلة يكون لها تأثير كبير على كميات إنتاج المحاصيل الزراعية ومنتجاتها, كذلك اللجوء الى تخزين المنتجات الزراعية لسد الاحتياجات الغذائية في فترات إنعدام الغذاء، وهذا يؤدي الى ان يكون الغذاء أكثر فرصة للتعرض والتلوث بالفطريات وسمومها الفطرية. وسيؤدي ذلك الى التأثير المباشر على الأمن الغذائي ونوعية الغذاء، والتعرض لمخاطر التسممات الفطرية وأثرها في صحة الانسان.



توزيع وإنتشار السموم الفطرية حسب الظروف البيئية في دول العالم.

المراجع

Bock CH, and Cotty PJ,.1999. The relationship of gin date to aflatoxin contamination of cottonseed in Arizona. Plant Disease. 83:279–285.

Chakraborty S, and Newton AC.2011. Climate change, plant diseases and food security: an overview. Plant Pathology. 60:2–14.

Cotty PJ, and Jaime-Garcia R.2007. Influences of the climate on aflatoxin producing fungi and aflatoxin contamination. International Journal of Food Microbiology. 119:109–115.

European Commission.2006. Commission regulation (EC) 1881⁄2006 of 19 December 2006 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Official Journal of the European Union L364, 5–24.

Giorni P,Magan N, Pietri A, Bertuzzi T, and Battilani P.2007. Studies on Aspergillus Section Flavi isolated in northern Italy from maize. International Journal of Food Microbiology. 113:330–338.

Magan N, and Baxter ES.1996. Effect of elevated Co_2 and temperature on the phyllosphere mycoflora of winter wheat flag leaves during ripening. Annals of Applied Biology. 129:189–195.

Marı´n S, Sanchis V, and Magan N.1995. Water activity, temperature and pH effects on growth of *Fusarium moniliforme* and *F. proliferatum* isolates from maize. Canadian Journal of Microbiology. 41:1097–2005.

Miraglia M., Marvin HJ., and Kleter GA.2009. Climate change and food safety: an emerging issue with special focus on Europe. Food and Chemical Toxicology. 47:1009–1021.

Paterson RR., and Lima., N.2010.How will climate change affect mycotoxins in food. Food Research International. 43:1902–1914.

Sanchis V, and Magan N.2004. Environmental profiles for growth and mycotoxin production. In:Magan N, OlsenM, eds. Mycotoxins in Food: Detection and Control. Cambridge, UK: Woodhead Publishing Ltd, Pp. 174–189.

ملحق 1.

أهم أنواع السموم الفطرية الرئيسة الملوثة للمحاصيل الزراعية والأعلاف والأغذية والفطريات المنتجة لها.

	السم الفطري	الفطر المنتج للسم
.1	Acetoxyscirpenediol	*Fusarium moniliforme, F. equiseti, F. oxysporum, F. culmorum, F. avenaceum, F. roseum, and F. nivale*
.2	Acetyldeoxynivalenol	*Fusarium moniliforme, F. equiseti, F. oxysporum, F. culmorum, F. avenaceum, F. roseum, and F. nivale*
.3	Acetylneosolaniol	*Fusarium moniliforme, F. equiseti, F. oxysporum, F. culmorum, F. avenaceum, F. roseum, and F. nivale*
.4	Acetyl T-2 toxin	*Fusarium moniliforme, F. equiseti, F. oxysporum, F. culmorum, F. avenaceum, F. roseum, and F. nivale*
.5	Aflatoxin	*Aspergillus flavus, A. parasiticus, Penicillium puberulum*
.6	Aflatrem	*Aspergillus flavus*
.7	Altenuic acid	*Alternaria alternate*
.8	Alternariol	*Alternaria alternate*
.9	Austdiol	*Aspergillus ustus*
.10	Austamide	*Aspergillus ustus*
.11	Austocystin	*Aspergillus ustus*
.12	Avenacein +1	*Fusarium moniliforme, F. equiseti, F.*

oxysporum, F. culmorum, F. avenaceum, F. roseum, and F. nivale		
Fusarium moniliforme, F. equiseti, F. oxysporum, F. culmorum, F. avenaceum, F. roseum, and F. nivale	Beauvericin +2	.13
Monographella nivalis	Bentenolide	.14
Aspergillus ustus	Brevianamide	.15
Fusarium moniliforme, F. equiseti, F. oxysporum, F. culmorum, F. avenaceum, F. roseum, and F. nivale	Butenolide	.16
Fusarium moniliforme, F. equiseti, F. oxysporum, F. culmorum, F. avenaceum, F. roseum, and F. nivale	Calonectrin	.17
Chaetomium globosum	Chaetoglobosin	.18
Aspergillus carneus, A. terreus, Penicillium citrinum, P. hirsutum, P. verrucosum	Citrinin	.19
Aspergillus terreus, Penicillium citreoviride	Citreoviridin	.20
Chaetomium cochliodes	Cochliodinol	.21
Acremonium crotocinigenum	Crotocin	.22
Aspergillus clavatus	Cytochalasin E	.23
Aspergillus versicolor	Cyclopiazonic acid	.24
Fusarium moniliforme, F. equiseti, F. oxysporum, F. culmorum, F. avenaceum, F. roseum, and F. nivale	Deacetylcalonectrin	.25
Fusarium moniliforme, and F. nivale	Deoxynivalenol diacetate	.26
Fusarium moniliforme, F. culmorum, F. avenaceum, F. roseum, and F. nivale	Deoxynivalenol monoacetate	.27

Fusarium moniliforme, F. equiseti	Diacetoxyscirpenol	.28
Aspergillus ochraceus	Destruxin B	.29
Fusarium moniliforme, F. avenaceum, F. roseum, F. solani, and F. nivale	Enniatins	.30
Fusarium moniliforme, F. culmorum, F. avenaceum, and F. roseum	Fructigenin +1	.31
Aspergillus fumigatus	Fumagilin	.32
Fusarium moniliforme, F. avenaceum, and F. nivale	Fumonisin B1	.33
Fusarium moniliforme	Fusaric acid	.34
Fusarium moniliforme	Fusarin	.35
Alternaria, Aspergillus fumigatus, Penicillium	Gliotoxin	.36
Fusarium moniliforme, F. culmorum, F. avenaceum, and F. nivale	HT-2 toxin	.37
Fusarium moniliforme, F. culmorum, F. avenaceum, and F. nivale	Ipomeanine	.38
Penicillium islandicum	Islanditoxin	.39
Fusarium moniliforme, F. culmorum, F. avenaceum, and F. nivale	Lateritin +1	.40
Fusarium moniliforme	Lycomarasmin +1	.41
Aspergillus niger	Malformin	.42
Aspergillus spp.	Maltoryzine	.43
Fusarium moniliforme, F. equiseti, F. oxysporum, F. culmorum, F. avenaceum, F. roseum, and F. nivale	Moniliformin	.44
Fusarium moniliforme, F. equiseti, F. oxysporum, F. culmorum, F. avenaceum, F.	Monoacetoxyscirpenol	.45

roseum, and F. nivale		
Fusarium moniliforme, F. solani, F. culmorum, F. avenaceum, and F. roseum	Neosolaniol	.46
Fusarium moniliforme, F. equiseti, F. oxysporum, F. culmorum, F. avenaceum, F. roseum, and F. nivale	Nivalenol	.47
Fusarium moniliforme, F. equiseti, F. oxysporum, F. culmorum, F. avenaceum, F. roseum, and F. nivale	NT-1 toxin	.48
Fusarium moniliforme, F. equiseti, F. oxysporum, F. culmorum, F. , F. solani, avenaceum, F. roseum, and F. nivale	NT-2 toxin	.49
Aspergillus ochraceus, Penicillium viridictum	Ochratoxin	.50
Aspergillus niger	Oxalic acid	.51
Aspergillus clavatus, Penicillium expansum, Botrytis, P. roquefortii, P. claviforme, P. griseofulvum	Patulin	.52
Aspergillus ochraceus	Penicillic acid	.53
Penicillium crustosum	Penitrem	.54
Myrothecium roridum, M. verrucaria, Dendrodochium spp. , Cylindrocarpon spp. , Stachybotrys spp.	Roridin E	.55
Penicillium rubrum	Rubratoxin	.56
Penicillium spp.	Rubroskyrin	.57
Penicillium viridicatum	Rubrosulphin	.58
Penicillium brunneum, P. kloeckeri, P. rugulosum	Rugulosin	.59

Fusarium moniliforme, F. equiseti, F. oxysporum, F. culmorum, F. solani, F. avenaceum, F. roseum, and F. nivale	Sambucynin +1	.60
Stachybotrys chartarum, Trichoderma viridi	Satratoxins, F,G,H	.61
Fusarium moniliforme, F. equiseti, F. oxysporum, F. culmorum, F. solani, F. avenaceum, F. roseum, and F. nivale	Scirpentriol	.62
Rhizoctonia leguminicola	Slaframine	.63
Aspergillus flavus, A. nidulans, A. versicolor, Penicillium rugulosum	Sterigmatocystin	.64
Fusarium moniliforme, F. equiseti, F. culmorum, F. solani, F. avenaceum, F. roseum, and F. nivale	T-1 toxin	.65
Fusarium moniliforme, F. equiseti, F. culmorum, F. solani, F. avenaceum, F. roseum, and F. nivale	T-2 toxin	.66
Fusarium moniliforme, F. equiseti, F. avenaceum, F. roseum, and F. nivale	Triacetoxyscirpendiol	.67
Trichoderma viride	Trichodermin	.68
Trichothecium roseum	Trichothecin	.69
Stachybotrys chartarum	Trichoverrins	.70
Stachybotrys chartarum	Trichoverrols	.71
Aspergillus clavatus	Tryptoquivalene	.72
Myrothecium verrucaria, Dendrodochium spp. , Stachybotrys chartarum	Verrucarin	.73
Aspergillus fumigatus, Stachybotrys chartarum	Verruculogen	.74
Trichophyton spp. , Penicillium viridicatum	Viopurpurin	.75

Aspergillus spp. , Penicillium aurantiogriseum, P. crustosum, P. viridicatum	76. Viomellein
Aspergillus fumigatus	77. Viriditoxin
Eurotium chevalieri	78. Xanthocillin
Fusarium culmorum, F. graminearum, F. oxysporum, F. roseum, F. moniliforme, F. avenaceum, F. equiseti, and F. nivale	79. Yavanicin+1
Fusarium culmorum, F. graminearum, F. oxysporum, F. roseum, F. moniliforme, F. avenaceum, F. equiseti, and F. nivale	80. Zearalenone

المراجع

Susan Lillard. 2004. Mycotoxin List . http://www.moldhelp.org/content/view/457/.

ملحق 2.

أنواع الفطريات والسموم الفطرية التي تنتجها في المواد الغذائية.

نوع السم	الفطر المنتج للسم	تواجد الفطر في الغذاء
AAL-toxins (alperisins) Aflatoxins B1 and B2	*Alternaria arborescens*	**يوجد**
	Aspergillus flavus	**يوجد**
	Aspergillus parasiticus	**يوجد**
	Aspergillus nomius	**يوجد**
	Aspergillus arachidicola	**يوجد**
	Aspergillus minisclerotigenes	**يوجد**
	Aspergillus pseudotamarii	**لايوجد**
	Aspergillus parvisclerotigenus	**لايوجد**
	Aspergillus bombycis	**لايوجد**
	Aspergillus ochraceoroseus	**لايوجد**
	Aspergillus rambellii	**لايوجد**
	Emericella venezuelensis	**لايوجد**
	Emericella olivicola	**لايوجد**
	Emericella astellata	**لايوجد**
Aflatoxins G1 and G2	*Aspergillus parasiticus*	**يوجد**
	Aspergillus nomius	**يوجد**
	Aspergillus arachidicola	**يوجد**

يوجد	*Aspergillus minisclerotigenes*	
لايوجد	*Aspergillus parvisclerotigenus*	
لايوجد	*Aspergillus bombycis*	
يوجد	*Aspergillus flavus*	Aflatrems
يوجد	*Aspergillus minisclerotigenes*	
لايوجد	*Aspergillus parvisclerotigenus*	
يوجد	*Alternaria tenuissima*	Alternariols
لايوجد	*Alternaria alternata*	
يوجد	*Alternaria* spp.	
يوجد	*Botrytis aclada*	
لايوجد	*Penicillium coprophilum*	
لايوجد	*Penicillium diversum*	
لايوجد	*Penicillium verruculosum*	
لايوجد	*Arachnoitus aureus*	Aranotins
يوجد	*Aspergillus terreus*	
لايوجد	*Aspergillus flocculosus*	Asteltoxin
لايوجد	*Aspergillus insulicola*	
لايوجد	*Emericella variecolor*	
لايوجد	*Penicillium concentricum*	
لايوجد	*Penicillium confertum*	

لايوجد	*Penicillium formosanum*	
لايوجد	*Penicillium tricolor*	
لايوجد	*Ponchonia bulbilosa*	
لايوجد	*Ponchonia suclasporia* 'var. *catenata*'	
لايوجد	*Aspergillus puniceus*	Austocystins
يوجد	*Aspergillus ustus*	
لايوجد	*Beauveria bassiana*	Beauvericin
يوجد	*Fusarium langsethiae*	
يوجد	*Fusarium poae*	
يوجد	*Fusarium sporotrichioides*	
لايوجد	*Isaria cicadae*	
لايوجد	*Isaria fumosorosea*	
لايوجد	*Isaria japonica*	
لايوجد	*Isaria tenuipes*	
يوجد	*Botrysphaeria rhodina*	Botryodiploidin
يوجد	*Macrophomina phaseolina*	
يوجد	*Penicillium brevicompactum*	
يوجد	*Penicillium paneum*	
يوجد	*Fusarium crookwellense*	Butenolide

يوجد	*Fusarium equiseti*	
يوجد	*Fusarium graminearum*	
يوجد	*Fusarium tricinctum*	
يوجد	*Byssochlamys fulva*	Byssotoxin
يوجد	*Byssochlamys fulva*	Byssochlamic acid
يوجد	*Byssochlamys nivea*	
لايوجد	*Chaetomium cochlioides*	Chaetocin, chaetomin
لايوجد	*Chaetomium globosum*	
لايوجد	*Calonectria morganii*	Chaetocin, chaetomin
لايوجد	*Chaetomium cochlioides*	
لايوجد	*Chaetomium globosum*	Chaetoglobosins A-J
لايوجد	*Chaetomium mollipileum*	
لايوجد	*Chaetomium rectum*	
لايوجد	*Cylindrocladium moridanum*	
لايوجد	*Diplodia macrospora*	
لايوجد	*Discosia* sp.	
يوجد	*Penicillium discolor*	
يوجد	*Penicillium expansum*	
لايوجد	*Penicillium marinum*	
لايوجد	*Diplodia macrospora*	Chaetoglobosin K

يوجد	*Aspergillus terreus*	Citreoviridin
يوجد	*Eupenicillium ochrosalmoneum*	
يوجد	*Penicillium citreonigrum*	
لايوجد	*Penicillium manginii*	
لايوجد	*Penicillium miczynskii*	
لايوجد	*Penicillium smithii*	
لايوجد	*Ponchonia suclasporia* 'var. *catenata*'	
لايوجد	*Aspergillus alabamensis*	Citrinin
لايوجد	*Aspergillus carneus*	
لايوجد	*Aspergillus hortai*	
لايوجد	*Aspergillis niveus*	
لايوجد	*Blennoria* sp.	
لايوجد	*Clavariopsis aquatic*	
يوجد	*Monascus purpureus*	
يوجد	*Monascus ruber*	
يوجد	*Monascus* spp.	
لايوجد	*Penicillium chrzaszczii*	
يوجد	*Penicillium citrinum*	
لايوجد	*Penicillium decaturense*	

يوجد	*Penicillium expansum*	
لايوجد	*Penicillium gorlenkoanum*	
لايوجد	*Penicillium manginii*	
لايوجد	*Penicillium odoratum*	
يوجد	*Penicillium radicicola*	
يوجد	*Penicillium verrucosum*	
لايوجد	*Penicillium westlingii*	
يوجد	*Penicillium glabrum*	Citromycetin
لايوجد	*Penicillium vinaceum*	
لايوجد	*Penicillium atrovenetum*	Communesins
يوجد	*Penicillium expansum*	
لايوجد	*Penicillium marinum*	
لايوجد	*Penicillium rivulorum*	
يوجد	*Penicillium islandicum*	Cyclochlorotine, islanditoxin
يوجد	*Aspergillus flavus*	Cyclopiazonic acid
لايوجد	*Aspergillus lentulus*	
يوجد	*Aspergillus minisclerotigenes*	
يوجد	*Aspergillus oryzae*	
لايوجد	*Aspergillus pseudotamarii*	

يوجد	*Aspergillus tamarii*	
يوجد	*Penicillium camemberti*	
يوجد	*Penicillium commune*	
لايوجد	*Penicillum dipodomyicola*	
يوجد	*Penicillium griseofulvum*	
يوجد	*Penicillium palitans*	
لايوجد	*Drechslera dematioidea*	Cytochalasins A, B and F
لايوجد	*Phoma* sp.	
لايوجد	*Metarrhizium anisopliae*	Cytochalasins C and D
لايوجد	*Zygosporium masonii*	
يوجد	*Aspergillus clavatus*	Cytochalasins E and K
لايوجد	*Rosellinia necatrix*	
لايوجد	*Phomposis paspali*	Cylochalasin H
لايوجد	*Nigrosabulum* sp.	Cylochalasin G
لايوجد	*Phoma* sp.	Deoxaphomin, proxiphomin, protophomin
يوجد	*Talaromyces macrosporus*	Duclauxin
يوجد	*Aspergillus wentii*	Emodin
يوجد	*Cladosporium fulvum*	
لايوجد	*Penicilliopsis clavariaformis*	

لايوجد	*Penicillium brunneum*	
يوجد	*Penicillium islandicum*	
لايوجد	*Phoma foveata*	
لايوجد	*Talaromyces avellaneus* (*Hamigera avellanea*)	
يوجد	*Fusarium acuminatum*	Enniatins
يوجد	*Fusarium arthrosporioides*	
يوجد	*Fusarium avenaceum*	
يوجد	*Fusarium compactum*	
يوجد	*Fusarium dimerum*	
لايوجد	*Fusarium kyushuense*	
يوجد	*Fusarium langsethiae*	
يوجد	*Fusarium lateritium*	
لايوجد	*Fusarium merismoides*	
يوجد	*Fusarium oxysporum* f.sp. *batatas, melonis, lupini, pisi*	
يوجد	*Fusarium sambucinum*	
لايوجد	*Fusarium scirpi*	
يوجد	*Fsuarium torulosum*	
يوجد	*Fusarium tricinctum*	

يوجد	*Fusarium venenatum*	
لايوجد	*Verticillium hemiptigerum*	
يوجد	*Claviceps paspali*	Ergot alkaloids
يوجد	*Claviceps purpurea*	
يوجد	*Penicillium islandicum*	Erythroskyrin
يوجد	*Aspergillus fumigates*	Fumigaclavines A, B and C
لايوجد	*Fusarium acutatum*	Fumonisins B1, B2 and B3
لايوجد	*Fusarium andiyazi*	
لايوجد	*Fusarium anthophilum*	
لايوجد	*Fusarium begoniae*	
لايوجد	*Fusarium brevicatenulatum*	
يوجد	*Fusarium dlamini*	
لايوجد	*Fusarium fujikuroi*	
لايوجد	*Fusarium globosum*	
لايوجد	*Fusarium napiforme*	
يوجد	*Fusarium nygamai*	
لايوجد	*Fusarium oxysporum*	
لايوجد	*Fusarium phyllophilum*	
لايوجد	*Fusarium polyphialidicum*	
يوجد	*Fusarium proliferatum*	

لايوجد	*Fusarium pseudocircinatum*	
لايوجد	*Fusarium pseudonygamai*	
لايوجد	*Fusarium sacchari*	
يوجد	*Fusarium subglutinans*	
لايوجد	*Fusarium thapsinum*	
يوجد	*Fusarium verticillioides*	
يوجد	*Aspergillus niger*	Fumonisins B2, B4 and B
يوجد	*Aspergillus fumigatus*	Gliotoxin
لايوجد	*Dichotomomyces cejpii*	
لايوجد	*Dichotomomyces spinosus*	
لايوجد	*Penicillium lilacinoechinulatum*	
لايوجد	*Trichoderma virens*	
لايوجد	*Hyalodendron* sp.	Hyalodendrin
يوجد	*Penicillium palitans*	Isofumigaclavins
يوجد	*Penicillium roqueforti*	
يوجد	*Penicillum islandicum*	Luteoskyrin
يوجد	*Fusarium acuminatum*	Moniliformin
يوجد	*Fusarium avenaceum*	
يوجد	*Fusarium oxysporum*	
يوجد	*Fusarium subglutinans*	

يوجد	*Fusarium verticillioides*	
يوجد	*Penicillium bialowiezense*	Mycophenolic acid
يوجد	*Penicillium brevicompactum*	
يوجد	*Penicillium carneum*	
لايوجد	*Penicillium fagi*	
يوجد	*Penicillium roqueforti*	
لايوجد	*Phaerosphaeria nodorum*	
يوجد	*Penicillium aurantiogriseum*	Nephrotoxic glycopeptides
يوجد	*Penicillium polonicum*	
لايوجد	*Arthrinium aureum*	3-Nitropropionic acid
يوجد	*Arthrinium phaerospermum*	
يوجد	*Arthrinium sacchari*	
يوجد	*Arthrinium saccharicola*	
لايوجد	*Arthrinium sereanis*	
لايوجد	*Arthrinium terminalis*	
يوجد	*Aspergillus flavus*	
يوجد	*Aspergillus oryzae*	
يوجد	*Aspergillus sojae*	
يوجد	*Mucor circinelloides*	
لايوجد	*Penicillium atrovenetum*	

يوجد	*Aspergillus carbonarius*	Ochratoxin A
لايوجد	*Aspergillus cretensis*	
لايوجد	*Aspergillus flocculosus*	
لايوجد	*Aspergillus lacticoffeatus*	
يوجد	*Aspergillus melleus*	
يوجد	*Aspergillus niger*	
يوجد	*Aspergillus ochraceus*	
يوجد	*Aspergillus ostianus*	
لايوجد	*Aspergillus persii*	
لايوجد	*Aspergillus petrakii*	
لايوجد	*Aspergillus pseudoelegans*	
لايوجد	*Aspergillus roseoglobulosus*	
لايوجد	*Aspergillus sclerotioniger*	
يوجد	*Aspergillus sclerotiorum*	
يوجد	*Aspergillus steynii*	
لايوجد	*Aspergillus sulphureus*	
يوجد	*Aspergillus westerdijkiae*	
يوجد	*Neopetromyces muricatus*	
لايوجد	*Petromyces albertensis*	
يوجد	*Petromyces alliaceus*	

يوجد	*Penicillium nordicum*	
يوجد	*Penicillium verrucosum*	
يوجد	*Aspergillus flavus*	Paspaline, paspalicine, paspalinine
يوجد	*Aspergillus minisclerotigenes*	
لايوجد	*Aspergillus parviscletigenus*	
يوجد	*Claviceps paspali*	
يوجد	*Claviceps paspali*	Paspalitrems A and B
يوجد	*Aspergillus clavatus*	Patulin
لايوجد	*Aspergillus giganteus*	
لايوجد	*Aspergillus longivesica*	
يوجد	*Byssochlamys nivea*	
لايوجد	*Eupenicillium lapidosu*	
لايوجد	*Paecilomyces saturatus*	
لايوجد	*Penicillium antarcticum*	
لايوجد	*Penicillium atrovenetum*	
يوجد	*Penicillium carneum*	
لايوجد	*Penicillium clavigerum*	
لايوجد	*Penicillium concentricum*	
لايوجد	*Penicillium coprobium*	
لايوجد	*Penicillium dipodomyicola*	

لايوجد	*Penicillium estinogenum*	
يوجد	*Penicillium expansum*	
لايوجد	*Penicillium formosanum*	
لايوجد	*Penicillium gladioli*	
لايوجد	*Penicillium glandicola*	
يوجد	*Penicillium griseofulvum*	
لايوجد	*Penicillium marinum*	
يوجد	*Penicillium paneum*	
يوجد	*Penicillium sclerotigenum*	
لايوجد	*Penicillium vulpinum*	
لايوجد	*Emericella foveolata*	Paxillin
لايوجد	*Emericellla similis*	
لايوجد	*Eupenicillium shearii*	
لايوجد	*Penicillium paxilli*	
لايوجد	*Penicillium thiersii*	
لايوجد	*Aspergillus auricomus*	Penicillic acid
لايوجد	*Aspergillus bridgeri*	
لايوجد	*Aspergillus cretensis*	
لايوجد	*Aspergillus flocculosus*	
لايوجد	*Aspergillus insulicola*	

يوجد	*Aspergillus melleus*	
لايوجد	*Aspergillus neobridgeri*	
يوجد	*Aspergillus ochraceus*	
يوجد	*Aspergillus ostianus*	
لايوجد	*Aspergillus persii*	
لايوجد	*Aspergillus petrakii*	
لايوجد	*Aspergillus pseudoelegans*	
لايوجد	*Aspergillus roseoglobulosus*	
يوجد	*Aspergillus sclerotiorum*	
لايوجد	*Aspergillus sulpureus*	
يوجد	*Aspergillus westerdijkiae*	
لايوجد	*Eupenicillium baarnense*	
لايوجد	*Eupenicillium bovifimosum*	
لايوجد	*Eupenicillium egyptiacum*	
لايوجد	*Eupenicillium molle*	
لايوجد	*Malbranchea aurantiaca*	
يوجد	*Neopetromyces muricatus*	
يوجد	*Penicillium aurantiogriseum*	
لايوجد	*Penicillium brasilianum*	
يوجد	*Penicillium carneum*	

يوجد	*Penicillium cyclopium*	
لايوجد	*Penicillium fennelliae*	
لايوجد	*Penicillium flavidostipitatum*	
يوجد	*Penicillium freii*	
لايوجد	*Penicillium herquei*	
لايوجد	*Penicillium jamesonlandense*	
لايوجد	*Penicillium matriti*	
لايوجد	*Penicilllium megasporum*	
يوجد	*Penicillium melanoconidium*	
لايوجد	*Penicillium neoechinulatum*	
لايوجد	*Penicillium ochrochloron*	
لايوجد	*Penicillium persicinum*	
يوجد	*Penicillium polonicum*	
لايوجد	*Penicillium radiatolobatum*	
لايوجد	*Penicillium raistrickii*	
لايوجد	*Penicillium rolfsii*	
يوجد	*Penicillium scabrosum*	
يوجد	*Penicillium viridicatum*	
لايوجد	*Penicillium antarcticum*	Penitrem A
يوجد	*Penicillium crustosum*	

يوجد	*Penicillium flavigenum*	
لايوجد	*Penicillium glandicola*	
لايوجد	*Penicillium janczewskii*	
يوجد	*Penicilllium melanoconidium*	
لايوجد	*Penicillium ochrochloron*	
لايوجد	*Penicillium radiatolobatum*	
لايوجد	*Penicillium tulipae*	
يوجد	*Penicillium chrysogenum*	PR-toxin
يوجد	*Penicillium roqueforti*	
يوجد	*Penicillium albocoremium*	Roquefortine C
يوجد	*Penicillium allii*	
يوجد	*Penicillium atramentosum*	
يوجد	*Penicillium carneum*	
يوجد	*Penicillium chrysogenum*	
لايوجد	*Penicillium concentricum*	
لايوجد	*Penicillium coprobium*	
لايوجد	*Penicillium coprophilum*	
يوجد	*Penicillium crustosum*	
يوجد	*Penicillium expansum*	
يوجد	*Penicillium flavigenum*	

لايوجد	*Penicillium glandicola*	
يوجد	*Penicillium griseofulvum*	
يوجد	*Penicillium hirsutum*	
يوجد	*Penicillium hordei*	
لايوجد	*Penicillium marinum*	
يوجد	*Penicillium melanoconidium*	
يوجد	*Penicillium paneum*	
لايوجد	*Penicillium persicinum*	
يوجد	*Penicillium radicicola*	
يوجد	*Penicillium roqueforti*	
يوجد	*Penicillium sclerotigenum*	
لايوجد	*Penicillium tulipae*	
يوجد	*Penicillium venetum*	
لايوجد	*Penicillium vulpinum*	
لايوجد	*Myrothecium roridum*	Roridins and verrucarins
لايوجد	*Myrothecium verrucaria*	
يوجد	*Trichothecium roseum*	Roseotoxin B
يوجد	*Penicillium crateriforme*	Rubratoxins A and B
لايوجد	*Aschersonia calendulina*	Rugulosin
لايوجد	*Aschersonia samoensis*	

لايوجد	*Endothia fluens*	
لايوجد	*Endothia gyrosa*	
لايوجد	*Hypocrella discoidea*	
لايوجد	*Myrothecium verrucaria*	
لايوجد	*Penicillium allahabadense*	
يوجد	*Penicillium concavorugulosum*	
لايوجد	*Penicillium brunneum*	
يوجد	*Penicillium islandicum*	
لايوجد	*Penicillium radicum*	
يوجد	*Penicillium rugulosum*	
يوجد	*Penicillium tardum*	
يوجد	*Penicillium variabile*	
لايوجد	*Sepedonium ampullosporum*	
يوجد	*Talaromyces wortmannii*	
يوجد	*Penicillium atramentosum*	Rugulovasins
يوجد	*Penicillium commune*	
يوجد	*Penicillium concavorugulosum*	
لايوجد	*Stachybotrys chartarum*	Satratoxins
يوجد	*Claviceps purpurea*	Secalonic acid A, B, C, G
لايوجد	*Phoma terrestris*	

لايوجد	*Parmelia entotheichroa*	
يوجد	*Aspergillus aculeatinus*	Secalonic acid D and F
يوجد	*Aspergillus aculeatus*	
يوجد	*Aspergillus uvarum*	
يوجد	*Claviceps purpurea*	
لايوجد	*Eupenicillium egyptiacu*	
يوجد	*Penicillium chrysogenum*	
لايوجد	*Penicillium confertum*	
لايوجد	*Penicillium dendriticum*	
لايوجد	*Penicillium isariiforme*	
لايوجد	*Penicillium krugeri*	
يوجد	*Penicillium oxalicum*	
يوجد	*Rhizoctonia solani*	Slaframin
يوجد	*Pithomyces chartarum*	Sporidesmins A-J
لايوجد	*Aspergillus aureolatus*	Sterigmatocystin
لايوجد	*Aspergillus ochraceoroseus*	
لايوجد	*Aspergillus rambellii*	
لايوجد	*Aspergillus togoensis*	
يوجد	*Aspergillus versicolor*	
لايوجد	*Chaetomium cellulolyticum*	

لايوجد	*Chaetomium longicolleum*	
لايوجد	*Chaetomium malaysiense*	
لايوجد	*Chaetomium udagawae*	
لايوجد	*Chaetomium virescens*	
يوجد	*Bipolaris sorokiniana*	
لايوجد	*Emerciella acristata*	
لايوجد	*Emericella aurantiobrunnea*	
لايوجد	*Emericella bicolor*	
لايوجد	*Emericella cleistominuta*	
لايوجد	*Emericella dentata*	
لايوجد	*Emericella discophora*	
لايوجد	*Emericella echinulata*	
لايوجد	*Emericella falconensis*	
لايوجد	*Emericella foeniculicola*	
لايوجد	*Emericella foveolata*	
لايوجد	*Emericella fructiculosa*	
لايوجد	*Emericella heterothallica*	
لايوجد	*Emericella navahoensis*	
يوجد	*Emericella nidulans*	
لايوجد	*Emericella olivicola*	

لايوجد	*Emericella parvathecia*	
لايوجد	*Emericella rugulosa*	
لايوجد	*Emericella stella-maris*	
لايوجد	*Emericella striata*	
لايوجد	*Emericella venezuelensis*	
لايوجد	*Humicola fuscoatra*	
يوجد	*Alternaria kikuchiana*	Tenuazonic acid
يوجد	*Alternaria longipes*	
يوجد	*Alternaria tenuissima*	
يوجد	*Aspergillus nomius*	
يوجد	*Phoma sorghina*	
يوجد	*Pyricularia oryzae*	
يوجد	*Aspergillus terreus*	Territrems
يوجد	*Penicillium echinulatum*	
لايوجد	*Penicillium cavernicola*	
لايوجد	*Trichoderma brevicompactum*	Trichodermin
يوجد	*Fusarium acuminatum* (typeA)	Trichothecenes
يوجد	*Fusarium crookwellense* (type B)	
يوجد	*Fusarium culmorum* (type B)	

يوجد	*Fusarium graminearum* (typeB)	
يوجد	*Fusarium equiseti* (type A and B)	
يوجد	*Fusarium langsethiae* (type A)	
يوجد	*Fusarium poae* (type A and B)	
يوجد	*Fusarum sambucinum* (typeA)	
يوجد	*Fusarium sporotrichioides* (type A)	
يوجد	*Fusarium venenatum* (type A)	
يوجد	*Trichothecium roseum*	Trichothecin
يوجد	*Aspergillus clavatus*	Tryptoquivalins andtryptoquivalons
يوجد	*Aspergillus fumigatus*	
يوجد	*Penicillium aurantiogriseum*	Verrucosidin
يوجد	*Penicillium melanoconidium*	
يوجد	*Penicillium polonicum*	
لايوجد	*Aspergillus caespitosus*	Verruculogen and fumitremorgins
يوجد	*Aspergillus fumigatus*	
لايوجد	*Eupenicillium crustaceum*	
يوجد	*Neosartorya fischeri*	

يوجد	*Penicillium brasilianum*	
لايوجد	*Penicillium mononematosum*	
لايوجد	*Penicillium verruculosum*	Verruculotoxin
يوجد	*Penicillium nordicum*	Viridic acid
يوجد	*Penicillium viridicatum*	
لايوجد	*Verticillium* sp.	Verticillins
يوجد	*Penicillium aethiopicum*	Viridicatumtoxin
لايوجد	*Penicillium brasilianum*	
لايوجد	*Aspergillus viridinutans*	Viriditoxin
يوجد	*Byssochlamys spectabilis* (anamorph is *Paecilomyces variotii*)	
لايوجد	*Penicillium mononematosum*	
لايوجد	*Aspergillus auricomus*	Xanthomegnin, viomellein, vioxanthin
لايوجد	*Aspergillus bridgeri*	
لايوجد	*Aspergillus elegans*	
لايوجد	*Aspergillus flocculosus*	
لايوجد	*Aspegillus insulicola*	
يوجد	*Aspergillus melleus*	
لايوجد	*Aspergillus neobridgeri*	

يوجد	*Aspergillus ochraceus*	
يوجد	*Aspergillus ostianus*	
لايوجد	*Aspergillus persii*	
لايوجد	*Aspergillus petrakii*	
لايوجد	*Aspergillus roseoglobulosus*	
يوجد	*Aspergillus sclerotiorum*	
يوجد	*Aspergillus steynii*	
لايوجد	*Aspergillus sulphureus*	
يوجد	*Aspergillus westerdijkiae*	
-	*Eupenicillium javanicum*	
لايوجد	*Microsporum cookie*	
يوجد	*Neopetromyces muricatus*	
يوجد	*Penicillium cyclopium*	
يوجد	*Penicillium freii*	
لايوجد	*Penicillium janthinellum*	
لايوجد	*Penicillium mariae-crucis*	
يوجد	*Penicillium melanoconidium*	
لايوجد	*Penicillium tricolor*	
يوجد	*Penicillium viridicatum*	
لايوجد	*Trichophyton megninii*	

لايوجد	*Trichophyton rubrum*	
لايوجد	*Trichophyton violaceum*	
يوجد	*Fusarium avenaceum*	Zearalenone
يوجد	*Fusarium crookwellense*	
يوجد	*Fusarium culmorum*	
يوجد	*Fusarium equiseti*	
يوجد	*Fusarium graminearum*	
يوجد	*Fusarium sambucinum*	
يوجد	*Fusarium semitectum*	
لايوجد	*Zygosporium masonii*	Zygosporins D-G

المراجع

Sarah De Saeger.2011. Determining Mycotoxins and Mycotoxigenic Fungi in Food and Feed. Published by Woodhead Publishing Limited, UK. pp 427.

ملحق 3.

تحاول العديد من الوكالات الدولية وضع مقياس عالمي لتوحيد الحدود المسموح به لتواجد السموم الفطرية في المواد الغذائية سواء كانت للاستهلاك البشري او الحيواني, لكن تعد هذه

عملية صعبة, لان لكل بلد معايير واعتبارات تنظيمية واقتصادية وسياسية, اضافة عوامل تتعلق بدقة عمليات التحليل لتحديد نسب التلوث بالسموم الفطرية في جميع البلدان وخصوصا بلدان النامية.

إن تحديد الآثار السمية لمجموعة مختلفة من السموم الفطرية ولأنها تحدث في الطبيعة، لذا تعتبر مهمة ضخمة وربما من المستحيل، ولا سيما بالنظر إلى أنها قد تكون السموم الفطرية لم يتم اكتشافها وتحديد تركيبها. وبالإضافة إلى طبيعة التغذية وإدارة والظروف البيئية والأنواع الفطرية, جميعها أمور تلعب دورا مساهما في تحديد تأثير التداخلات بين أنواع السموم الفطرية على صحة الانسان او الحيوان.

سنت المفوضية الأوروبية عن توصياتها بشأن الحدود المقبولة او المسموح بها لتلوث أعلاف الحيوانات أو مكوناتها بالسموم الفطرية, وقد حددت بعض أنواع السموم التي تعتبر الاكثر تلويثا للاغذية وهي deoxynivalenol (DON) وzearalenone (ZEA) و ochratoxin A (OTA) و T-2 وHT-2 و fumonisins .

قوانين دول الاتحاد الاوربي

نوع السم الفطري	المنتجات المعدة لتغذية الحيوانات ذات محتوى رطوبي 12%.	الحدود المسموح بها ملغم/كغم
Deoxynivalenol	مكونات العليقة (علف)	
	الحبوب ومنتجاتها ما عدا الذرة الصفراء	8
	منتجات الذرة الصفراء	12
	العليقة الكاملة	5
	العليقة الكاملة الخاصة بالخنازير	0.9
	العليقة المخصصة للعجول والأغنام	2

	الصغيرة	
Zearalenone	مكونات العليقة	
	الحبوب ومنتجاتها ما عدا الذرة الصفراء	2
	منتجات الذرة الصفراء	3
	العلائق والمكملات الغذائية للعليقة	
	العليقة الكاملة والمكملات الغذائية الخاصة بالخنازير الصغيرة	0.1
	العليقة الكاملة والمكملات الغذائية الخاصة بالخنازير المعدة للتسمين	0.25
	العليقة الكاملة والمكملات الغذائية الخاصة للعجول والأغنام والماعز	0.5
Ochratoxin A	مكونات العليقة	
	الحبوب ومنتجاتها	0.25
	العليقة والمكملات الغذائية	5
	العليقة الكاملة والمكملات الغذائية الخاصة بالخنازير	0.05
	العليقة الكاملة والمكملات الغذائية الخاصة بالدواجن	0.1
Fumonisin B1 + B2	مكونات العليقة	
	حبوب الذرة الصفراء ومكوناتها	60
	العليقة والمكملات الغذائية	
	الخنازير والخيول والأرانب والحيوانات الأليفة	5
	الأسماك	10

	الدواجن والعجول والأغنام	20
	الحيوانات المجترة البالغة	50
Aflatoxin B1	العليقة للأغنام والماعز والأبقار	0.05
	لماشية الحليب	0.005
	عجول التسمين والحملان	0.01
Ergo	الأعلاف المعدة لتغذية الحيوانات	1000

الحدود المسموح بتواجد سموم الأفلاتوكسين في المواد الأولية التي تستخدم في الأستهلاك البشري.

المنتج	الحدود المسموح بها من سموم الأفلاتوكسين ميكغم/كغم	
	B1	B1, B2, G1, G2
الحبوب والمنتجات المصنعة المعدة للأستهلاك البشري المباشر أو الاستخدام كمكون في المواد الغذائية	2.0	4.0
الحبوب بأستثناء الذرة الصفراء، المعدة للفرز او المعاملة الحرارية قبل استهلاك البشري أو الأستخدام كمكون في المواد الغذائية	2.0	4.0
الذرة الصفراء المعدة للفرز، أو المعاملة الحرارية، قبل استهلاك البشري أو	5.0	10.0

الأستخدام كمكون في المواد الغذائية		

قوانين دول الغير تابعة للاتحاد الاوربي

البلد	المادة	نوع السم الفطري	حدود المسموح بها مكغم/كغم
صربيا و الجبل الاسود	عليقة للدجاج والخنازير الفتية, العجول، أفراخ الديك الرومي ، فراخ البط، والأبقار	Aflatoxin B1, B2, G1, G2	10
	أعلاف للثيران والأغنام والماعز	Aflatoxin B1, B2, G1, G2	50
	أعلاف للخنازير والدواجن	Aflatoxin B1, B2, G1, G2	20
	أعلاف اكثر من 50 كغم معدة للخنازير الفتية	Ochratoxin A	100
	أعلاف الخنازير	Ochratoxin A	200
	أعلاف الدواجن	Ochratoxin A	1000
	علف الدجاج البياض	Ochratoxin A	250
	أعلاف اكثر من 50 كغم معدة للخنازير ودواجن والعجول	Tricothecenes	300
	أعلاف الخنازير والثيران و الدواجن	Tricothecenes	600
	أعلاف الخنازير الفتية أكثر من	Zearalenone	500

	50 كغم		
	أعلاف الخنازير الفتية	Zearalenone	1000
	أعلاف الأبقار والأغنام والماعز	Zearalenone	3000
	أعلاف الثيران	Zearalanone	5000
	علف الدجاج البياض	Zearalenone	100000
سويسرا	بذور القطن, فستق الحقل, جوز الهند، حبوب الذرة الصفراء، بذور النخيل ومنتجاتها والمواد الخام	Aflatoxin B1	200
	بذور القطن و فستق الحقل وجوز الهند، حبوب الذرة الصفراء، بذور النخيل ومنتجاتها كأعلاف حيوانية	Aflatoxin B1	20
	الأعلاف الأخرى والمواد الخام	Aflatoxin B1	50
	الأعلاف ومكملاتها للأبقار والأغنام والماعز، ما عدا حليب البقر والعجول والحملان	Aflatoxin B1	50
	الأعلاف التكميلية للخنازير والدواجن	Ochratoxin B1	30
	اعلاف للخنازير والدواجن	Ochratoxin B1	20
	المكملات الغذائية لمرضعات من الأبقار والأغنام والماعز.	Ochratoxin B1	5
	مكملات غذائية واعلاف اخرى	Aflatoxin B1	10

تركيا	مكونات الاعلاف	Aflatoxin B1	50
	أعلاف مختلطة للحيوانات المجترة بأستثناء صغار الحيوانات	Aflatoxin B1	50
	أعلاف مختلطة للدواجن ما عدا الافراخ	Aflatoxin B1	20
	أعلاف خليطة	Aflatoxin B1	10
اوكرانيا	أعلاف مركبة للحيوانات غير المنتجة	Aflatoxin B1	10
	أعلاف الدواجن	Aflatoxin B1	25
	أعلاف الأبقار في فترة الرضاعة، والخنازير لا يزيد عمرها عن 2 شهر	Aflatoxin B1	50
	أعلاف العجول والأغنام اكبر من 4 أشهر، وحيوانات التربية لاغراض أنتاج اللحوم والثيران	Aflatoxin B1	100
	أعلاف الخنازير (الحوامل، والتغذية)، تربية الخنازير، الخنازير الذين بعمر أقل من 2 أشهر	Zearalenone	40
	كسبة فول الصويا	Zearalenone	1000
	أعلاف الخنازير ذات وزن أقل من 50 كغم	Zearalenone	2000
	أعلاف الخنازير ذات وزن اكثر من 50 كغم	Zearalenone	3000

	أعلاف لجميع الحيوانات	DON	1000
	اعلاف للدجاج البياض واللحم	T-2 toxin	200
	أعلاف العجول والماشية كبيرة السن والثيران	T-2 toxin	250

امريكا اللاتينية

البلد	المنتج	نوع السم	الحدود المسموح بها مكغم/كغم
السلفادور	جميع الاعلاف	Aflatoxin B1	10
	المكملات الغذائية للخنازير / الدواجن / الألبان الماشية وأعلاف الأبقار/ الماعز / الأغنام	Aflatoxin B1	20
سورينام	أعلاف حيوانية	Aflatoxin B1, B2, G1, G2	30
أوروغواي	أعلاف حيوانية	Ochratoxin A	5000
	أعلاف حيوانية	Ergot alkaloids	450
	أعلاف الخنازير وأناث الأرانب	Ergot alkaloids	Not detectable

بربادوس	جميع أنواع الأعلاف	Aflatoxin B1 B2G1G2	50
برازيل	الأعلاف الحيوانية والمكونات: بذور القطن ، فستق الحقل والرز والشوفان ومخلفات أحشاء الطيور، الكاكاو، قصب السكر (بقايا اللب)، زهرة الشمس، والشعير، القمح، فول الصويا، الخميرة (قصب السكر)	Aflatoxin B1 B2G1G2	50
شيلي	أعلاف كاملة للدواجن والماعز والأبقار	Aflatoxin B1 B2 G1 G2	30
	أعلاف لجميع الحيوانات	Aflatoxin B1 B2 G1 G2	10
	جميع المكونات المستخدمة في علف الحيوانات ما عدا فستق الحقل ومشتقاته، بذرة القطن ومشتقاتها والذرة الصفراء ومشتقاتها	Aflatoxin B1 B2 G1 G2	50
	فستق الحقل ومشتقاته، بذرة القطن ومشتقاتها والذرة الصفراء والمشتقاته	Aflatoxin B1 B2 G1 G2	200
كولومبيا	الذرة الصفراء ومنتجاتها	Aflatoxin B1 B2 G1 G2	20
	الذرة البيضاء	Aflatoxin B1	40

		B2 G1 G2	
	أعلاف الأرانب والأسماك	Aflatoxin B1 B2 G1 G2	10
	أعلاف الدواجن، الكلاب، القطط، الأسماك	Aflatoxin B1 B2 G1 G2	20
	أعلاف الأبقار والخنازير	Aflatoxin B1 B2 G1 G2	50
	الذرة البيضاء	Zearalenone	1000
كوستريكا	الذرة الصفراء	Aflatoxin B1 B2 G1 G2	50
كوبا	جميع الأعلاف ومكوناته	Aflatoxin B1 B2 G1 G2	5
	جميع الأغذية	DON	300
مكسيك	الحبوب لتسمين الأبقار وأعلاف الخنازير	Aflatoxin B1 B2 G1 G2	200
	الأعلاف ماشية الحليب / الدواجن	Aflatoxin B1 B2 G1 G2	0
فنزويلا	جميع المواد الغذائية	Aflatoxin B1 B2 G1 G2	20

آسيا والمحيط الهادئ

البلد	المادة	نوع السم	الحدود المسموح بها

			مكغم/كغم
تايوان	الذرة الصفراء (المواد الخام)	Aflatoxin B1, B2, G1, G2	50
	جميع مكونات الأعلاف	Aflatoxin B1	20
بنغلادش	الذرة الصفراء والأعلاف المخصصة للدواجن	Aflatoxin B1 B2G1G2	
	الذرة الصفراء و الأعلاف المخصصة للدواجن	Ochratoxin A	
الصين	الأعلاف الحيوانية	Aflatoxin B1 Ochratoxin Fumonisins T-2 toxin Zearalenone Vomitoxin	20 20 500 80 100 500
	الذرة الصفراء، بذور فستق الحقل ، كسبة فستق الحقل ، كسبة اللفت، كسبة بذرة القطن	Aflatoxin B1	<=50
	كسبة فول الصويا	Aflatoxin B1	<=30
	الأعلاف ومركزاتها للخنازير	Aflatoxin B1	<=10
	الأعلاف ومركزاتها للخنازير في نهاية موسم	Aflatoxin B1	<=20

	التربية		
	أعلاف دجاج اللحم	Aflatoxin B1	<=10
	الأعلاف ومركزاتها لدجاج اللحم والبياض	Aflatoxin B1	<=20
	الأعلاف ومركزاتها لأفراخ بط اللحم	Aflatoxin B1	<=10
	الأعلاف ومركزاتها لأفراخ بط البياض	Aflatoxin B1	<=15
	الأعلاف ومركزاتها لطير السمان	Aflatoxin B1	<=20
	مركزات أعلاف أبقار الحليب	Aflatoxin B1	<=10
	مركزات أعلاف أبقار التسمين	Aflatoxin B1	<=50
الهند	كسبة فستق الحقل المعدة للتصدير	Aflatoxin B1	120
اليابان	علف مركبة لتربية الماشية (ما عدا العجول، الأبقار الحلوب) والخنازير (صغار الخنازير)، الدجاج (ما عدا الافراخ و دجاج اللحم) السمان	Aflatoxin B1	20
	أعلاف مركبة لتغذية العجول وأبقار الحليب،	Aflatoxin B1	10

	والخنازير، وأفراخ الدجاج ودجاج اللحم		
	أعلاف الحيوانية	Zearalenone DON	1000 1000
	أعلاف مركبة للأبقار بعمر أكثر من 3 اشهر	DON	4000
	أعلاف أبقار للحم (بأستثناء العجول) والخنازير (بأستثناء الخنزير الصغير) والدواجن (بأستثناء الدجاج والسمان)	Aflatoxin B1	20
	أعلاف العجول وأبقار الحليب، الخنازير، دجاج اللحم	Aflatoxin B1	200
	الأعلاف الحيوانية	Zearalenone	20
	أعلاف حيوانية بأستثناء العجول أصغر من 3 اشهر	DON	200
	أعلاف العجول أكثر من 3 أشهر	DON	4000
كوريا	أعلاف العجول والدجاج والخنازير، دجاج اللحم (مرحلة مبكرة) وماشية الحليب	Aflatoxin B1 B2 G1 G2 Ochratoxin A	10 200

	الأعلاف الحيوانية ما عدا المركزات	Aflatoxin B1 Ochratoxin A	2 2000
	مكونات العلف: البروتينات النباتية، والحبوب، والمنتجات الثانوية من الحبوب والمواد الغذائية	Aflatoxin B1	50
نيبال	أعلاف حيوانية	Aflatoxin B1	50
الفلبين	مخاليط علفية	Aflatoxin B1	20
	لب جوز الهند المجفف و منتجاته	Aflatoxin B1	20
	الأعلاف التجارية	Aflatoxin	25
اندونيسيا	أعلاف للأبقار والبط والخنازير والأغنام	Aflatoxin B1 B2 G1 G2	1000
	كسبة السمسم وفستق الحقل والسلجم	Aflatoxin B1 B2 G1 G2	200
	الكسافا في عليقة الدواجن	Aflatoxin B1 B2 G1 G2	200

دول امريكا الشمالية

البلد	المادة	نوع السم	الحدود المسموح بها مكغم/كغم

USA	الذرة الصفراء و فستق الحقل و المنتجات المخصصة لتسمين الأبقار	Aflatoxin B1, B2, G1, G2	300
	كسبة بذور القطن المعدة للأبقار والخنازير والدواجن المعدة لأنتاج اللحوم	Aflatoxin B1, B2, G1, G2	300
	الذرة الصفراء أو فستق الحقل و المنتجات المخصصة لتغذية الخنازير	Aflatoxin B1, B2, G1, G2	200
	الذرة الصفراء و فستق الحقل و المنتجات المخصصة لتربية الأبقار، وتربية الخنازير أو الدواجن البالغة	Aflatoxin B1, B2, G1, G2	100
	الذرة الصفراء ومنتجات فستق الحقل، ومكونات العلف بأستثناء كسبة بذرة القطن	Aflatoxin B1, B2, G1, G2	20
	الذرة الصفراء ومنتجات الذرة الصفراء و كسبة بذرة القطن وغيرها من الأعلاف الحيوانية ومكونات الأعلاف المخصصة للحيوانات لانتاج الحليب.	Aflatoxin B1, B2, G1, G2	20
	الحبوب و منتجات الحبوب المستخدمة لتغذية الخنازير	DON	5000
	الحبوب ومنتجاتها المستخدمة في تغذية الأبقار والماشية المعده للتسمين بعمر اكبر من أربعة أشهر	DON	10000
	الحبوب ومنتجاتها المستخدمة في تغذية الأبقار والماشية المعدة لانتاج الحليب بعمر أكبر من أربعة أشهر	DON	10000
	الحبوب المعدة للتقطير والحبوب المخمرة,	DON	30000

	وجبات الغلوتين التي تغذى بها ابقار التسمين لانتاج اللحم وفضلا عن استخدامها في تجريع الأبقار الحلوب بعمر اكبر من أربعة أشهر		
	الحبوب و منتجات الحبوب المستخدم في تغذية الدجاج	DON	10000
	الحبوب ومنتجات الحبوب المستخدمة في تغذية لجميع أنواع الحيوانات الأخرى	DON	5000
	الذرة الصفراء ومنتجاتها المعدة لتغذية الخيول والأرانب	Fumonisins B1, B2, B3	5000
	الذرة الصفراء ومنتجاتها المعدة لتغذية الخنازير والأسماك	Fumonisins B1, B2, B3	20000
	الذرة الصفراء ومنتجاتها المعدة لتربية المجترات، وتربية الدواجن وتربية المرضعات الأبقار الحلوب والدجاج البياض	Fumonisins B1, B2, B3	30000
	أعلاف المركزات للحيوانات المعدة للذبح بعمر اكبر من 3 اشهر	Fumonisins B1, B2, B3	60000
	أعلاف الدواجن المعده للذبح	Fumonisins B1, B2, B3	100000
	الأعلاف لجميع الأنواع ألحيوانات من الماشية وغيرها من الحيوانات الاليفة	Fumonisins B1, B2, B3	10000
كندا	جميع أنواع الأعلاف	Aflatoxin B1 B2G1G2	20
	أعلاف الخنازير والدواجن	Ochratoxin A T-2 toxin	2000 1000

	أعلاف العجول والدواجن	DON HT-2 Toxin	5000 100
	أعلاف الخنازير والعجول وأبقار الحليب	DON	1000
	أعلاف الخنازير	Zearalenone	3000
	أعلاف صغار الخنازير	Diacetoxyscirpenol Ergot alkaloids	2000 6000
	أعلاف الدواجن	Diacetoxyscirpenol	1000
	أعلاف الماشية والأغنام والخيول	Ergot alkaloids	3000
	أعلاف لأفراخ الدجاج	Ergot alkaloids	9000

أفريقيا والشرق الأوسط

البلد	المادة	نوع السم الفطري	الحدود المسموح بها مكغم/كغم
سنغال	منتجات فستق الحقل المستخدمة كأعلاف	Aflatoxin B1	50
	منتجات فستق الحقل المستخدمة كمكون للعليقة	Aflatoxin B1	300

سوريا	الأعلاف المحلية	Aflatoxin B1 B2 G1G2	20
	أعلاف الماشية	Aflatoxin B1 B2 G1G2	10
تنزانيا	الأعلاف	Aflatoxin B1 Aflatoxin B1 B2 G1G2	5 10
Cote d'Ivoire	أعلاف الماشية	Aflatoxin B1 B2 G1G2	100
	الأعلاف جميعها	Aflatoxin B1 B2 G1G2	10
	الأعلاف كاملة للخنازير والدواجن بأستثناء البط	Aflatoxin B1 B2 G1G2	38
	أعلاف الماشية والأغنام والماعز	Aflatoxin B1 B2 G1G2	75
	أعلاف ماشية الحليب	Aflatoxin B1 B2 G1G2	50
مصر	أعلاف الدواجن والحيوانات	Aflatoxin B1 Aflatoxin B1 B2 G1G2	10 20
	كسبة بذور القطن	Aflatoxin B1 Aflatoxin B1 B2 G1G2	15 20
	مخلفات الاسماك، والمجازر	Aflatoxin B1	10

	اللحوم والعظام و الدم، بروتين وحيدة الخلية و مخلفات الرز ونخالة القمح مخصصة للأغنام والماعز والأبقار		
	المخصصة للدواجن ولصغار العجل والضأن, الأغنام والماعز المنتج للحليب	Aflatoxin B1 Aflatoxin B1 B2 G1G2	5 20
ايران	كسبة فول الصويا زهرة الشمس و بذور السمسم و الزيتون وكسب أخرى من البذور الزيتية المستخدمة في تغذية الأغنام والماعز والأبقار	Aflatoxin B1 Aflatoxin B1 B2 G1G2	10 20
	كسبة فول الصويا و زهرة الشمس و بذور السمسم و الزيتون والبذور الزيتية معدة لتغذية الدواجن والعجول والضأن وصغار والأغنام والماعز والأبقار المنتج للحليب	Aflatoxin B1 Aflatoxin B1 B2 G1G2	5 20
	الذرة الصفراء المعدة لتغذية الأغنام والماعز والأبقار والدواجن والعجول والضأن وصغار الأغنام والماعز والأبقار المنتج للحليب.	Aflatoxin B1 Aflatoxin B1 B2 G1G2	5 20
	المركزات بما في ذلك الفيتامينات والمركزات المعدنية المعدة للأغنام	Aflatoxin B1 B2 G1 G2	10

	والماعز والأبقار		
	المركزات بما في ذلك الفيتامينات والمركزات المعدنية المعدة للعجول والضأن وصغار الأغنام المنتج للحليب والماعز والأبقار	Aflatoxin B1 B2 G1 G2	5
	المركزات و الفيتامينات والمركزات المعدنية المعدة للدواجن	Aflatoxin B1 B2 G1 G2	10
	الأعلاف مخصصة للأغنام والماعز والأبقار	Aflatoxin B1 DON T-2 Toxin	50 5000 100
	أعلاف العجول والضأن وصغار والأغنام المنتج للحليب والماعز والأبقار	Aflatoxin B1 DON T-2 Toxin	5 1000 25
	تغذية كاملة مخصصة لدجاج البيض واللحم	Aflatoxin B1 Aflatoxin B1 B2 G1 G2	10 20
	الأعلاف المخصصة لدجاج اللحم البالغ و افراخه	Aflatoxin B1	10
	الأعلاف المخصصة لجميع أعمار الدجاج	Aflatoxin B1 Aflatoxin B1 B2 G1 G2	5 20
الكيان الصهيوني	جميع أنواع الحبوب	Aflatoxin Ochratoxin A	20 300

1000 Not given 100 200	DON Zearalenone T-2 toxin Diacetoxyscripenol		
15 30	Aflatoxin B1 Aflatoxin B1 B2 G1 G2	جميع الأعلاف	**الاردن**
50	Aflatoxin B1 Aflatoxin B1 B2 G1 G2	الأعلاف **جميعها** (ما عدا فستق الحقل وجوز الهند والقطن، والذرة الصفراء ومنتجاتها)	**المغرب**
20	Aflatoxin B1	فستق الحقل وجوز الهند والقطن والذرة الصفراء ومنتجاتها	
50	Aflatoxin B1	الأعلاف المعدة للماشية والأغنام والماعز (باستثناء الحيوانات المنتجة للألبان، العجول والحملان)	
5	Aflatoxin B1	الأعلاف المعدة للحيوانات المنتجة للحليب	
10	Aflatoxin B1	الأعلاف المعدة للعجول وحملان	
20	Aflatoxin B1	الأعلاف المعدة للخنازير والدواجن (باستثناء الحيوانات صغيرة العمر)	
10	Aflatoxin B1	الاعلاف الاخرى	

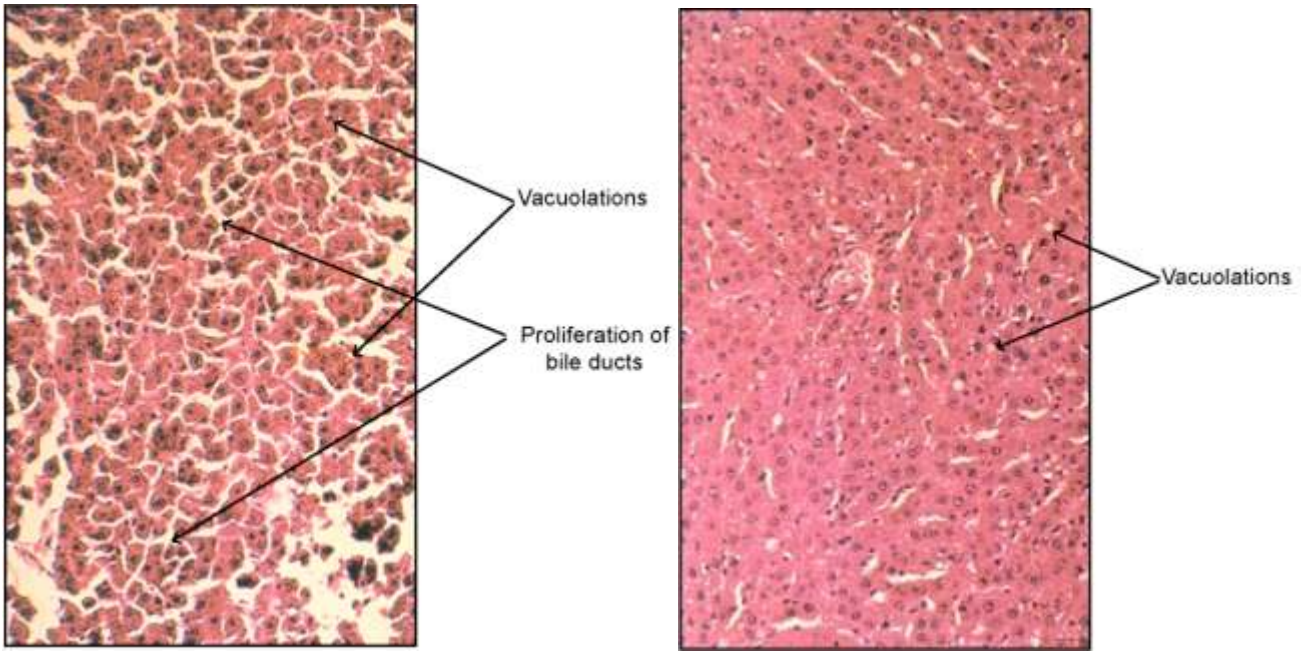
	الأعلاف التكميلية لتربية الماشية والأغنام والماعز (باستثناء الحيوانات المنتجة للحليب و العجول والحملان)	Aflatoxin B1	50
	الأعلاف التكميلية للخنازير والدواجن (باستثناء الحيوانات صغيرة العمر)	Aflatoxin B1	30
	الأعلاف التكميلية الأخرى، وخصوصا الحيوانات المنتجة للحليب	Aflatoxin B1	10
موزنبيق	فستق الحقل والذرة الصفراء وزبدة فستق الحقل	Aflatoxin B1 B2 G1 G2	10
	الحبوب والأعلاف	Aflatoxin B1 B2 G1 G2	10
	الأعلاف	Aflatoxin B1	Unknown
	الذرة الصفراء	Ochratoxin A Zearalenone	Unknown Unknown
نيجيريا	أعلاف الدواجن	Aflatoxin B1	50
عمان	أعلاف الدواجن	Aflatoxin B1	20
زمبابوي	أعلاف الدواجن	Aflatoxin B1 G1	10

المراجع

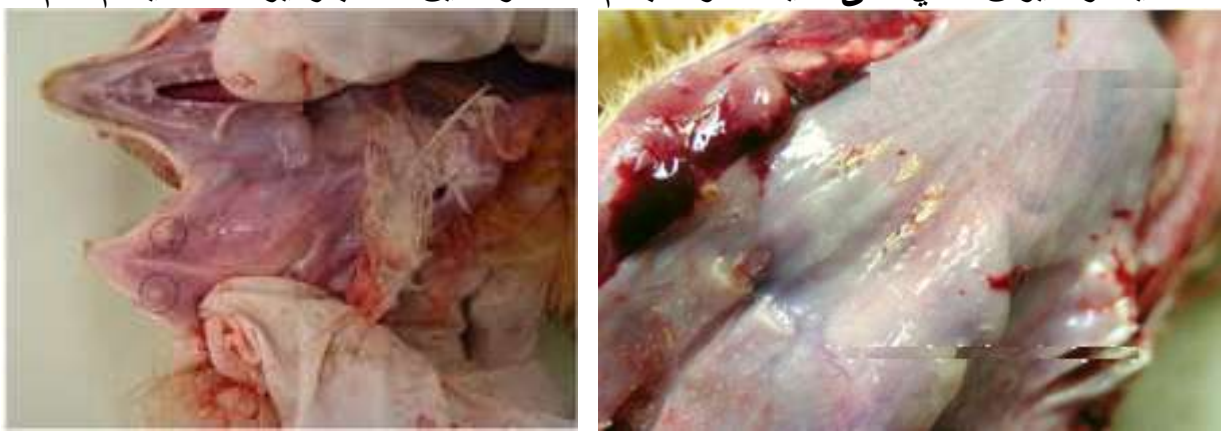
Commission Recommendation of 17th August 2006 on the presence of deoxynivalenol, zearalenone, ochratoxin A, T-2 and HT-2 and fumonisins in products intended for animal feeding (2006/576/EC).

ملحق 4.

صورة توضح تاثير سموم الافلاتوكسين في الكبد. الصورة على اليمين أعراض شحوب نتيجة زيادة نسبة الدهون في خلايا الكبد وهذا يؤدي إلى تنخر أو موت الخلايا في الكبد. والسبب الرئيسي لذلك هو أن الأفلاتوكسين التايض تتفاعل سلبا مع بروتينات مختلفة في الخلايا، مما يؤدي إلى تثبيط ايض الكربوهيدرات والدهون وتخليق البروتين.



مقطع عرضي في كبد حيوان غذي على عليقة ملوث بسم الافلاتوكسين B1 حيث نلاحظ تنخر ونزف في خلايا الكبد. الصورة على اليمين مقارنة (عليقة غير ملوثة بالافلاتوكسين B1. الصورة على اليسار حيوان غذي على عليقة ملوثة بسم الافلاتوكسين B1 بتركيز 400 ميكغم/كغم.

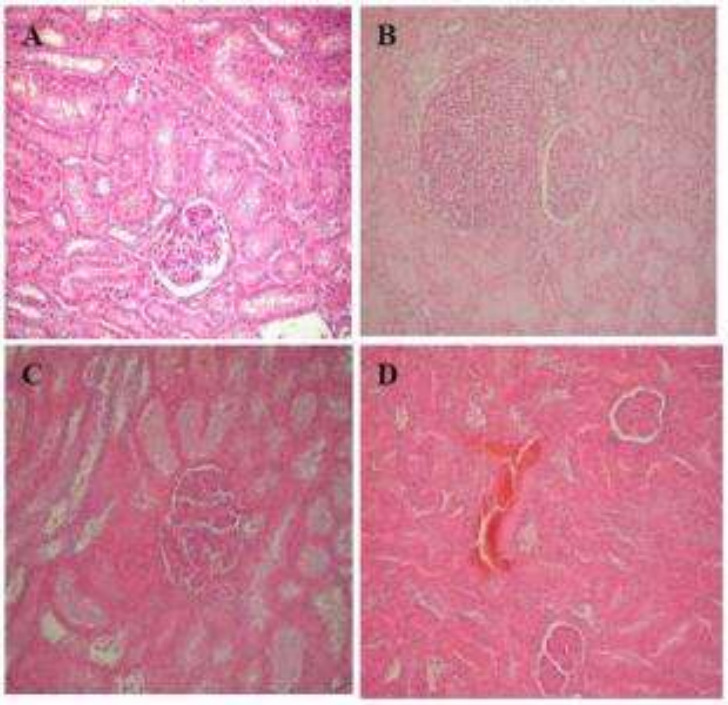


طير دجاج غذي بعليقة ملوثة بسموم المنتجة من قبل الفطر Fusarium, صورة على اليسار حيث يلاحظ تنخر في تجويف فم الطير ولسانه. الصورة على اليمين تأكل في البطانة الداخلية للمريء.

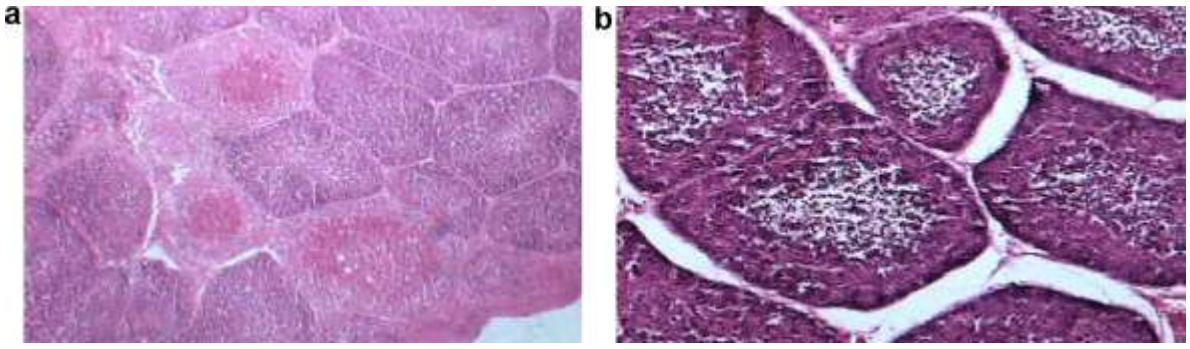
صورة توضح اعراض مرض الاستسقاء او الحبن Oedema disease وهي حالة مرضية تحدث أساساً في دجاج اللحم نتيجة التغذية على عليقة ملوثة بسموم الافلأتوكسين الذي يؤدي في النهاية الى قصور في الدورة الدموية وإرتخاء في البطين الأيمن للقلب وتجمع سوائل في جوف الجسم (الاستسقاء) و يؤدي الى موت الطير نتيجة القصور القلبي.

أعراض التسمم الحاد بسم الأوكراتوكسين على طيور الدجاج, تظهر أعراض ضرر, شحوب, تورم وتضخم الكلية.

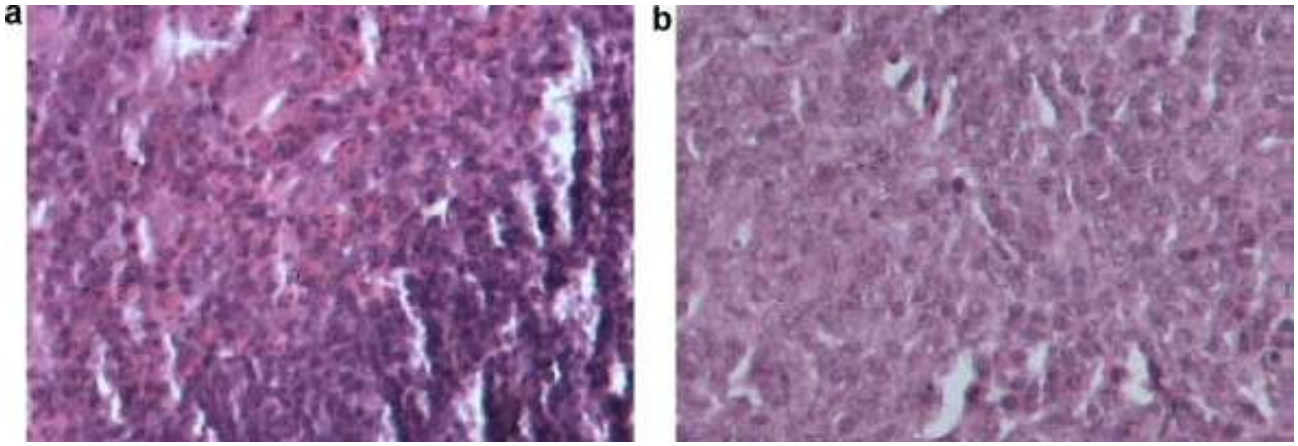
صورة توضح اعراض تشوهات في الجهاز الهضمي نتيجة التغذية على عليقة ملوثة بسم الفيومونوزين, تتمثل الأعراض تقرح بطانة الداخلية للقوانص وتكون بطانتها الداخلية خشنة وسميكة , الصورة على اليمين والوسط تظهر طيور مغذاة بعليقة ملوثة بالسم. الصورة على اليسار مقارنة طيور مغذاة على عليقة خالية من السم.



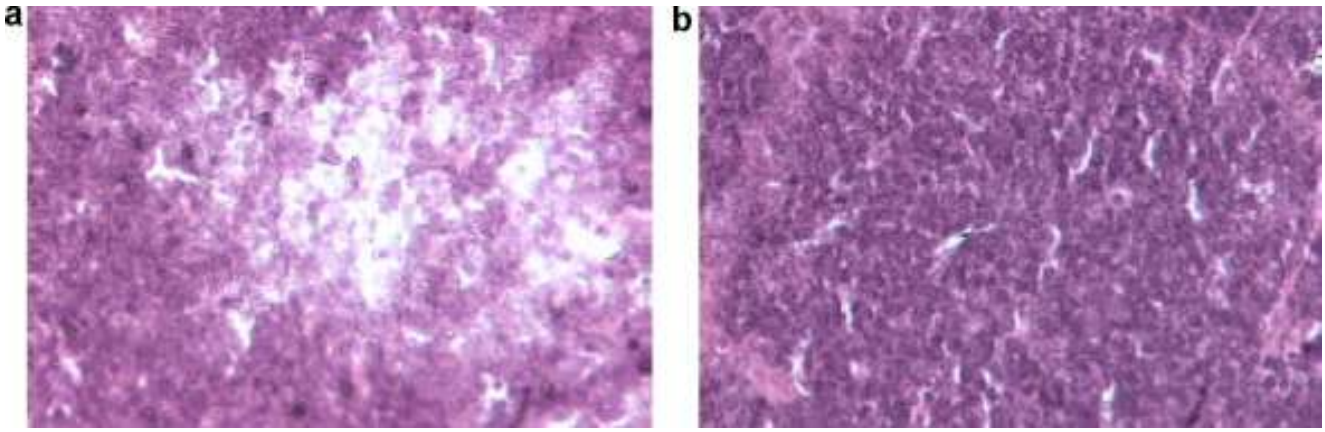
صورة توضح مقطع عرضي في كلية جرذان مغذاة على عليقة ملوثة بسم الأوكراتوكسين. (A) أعراض ضمور وتنكس فجوي في ظهارة خلايا النبيبات (B) التليف. (C) تنخر قي خلايا النبيبات. (D) نزيف في خلايا اللحاء.



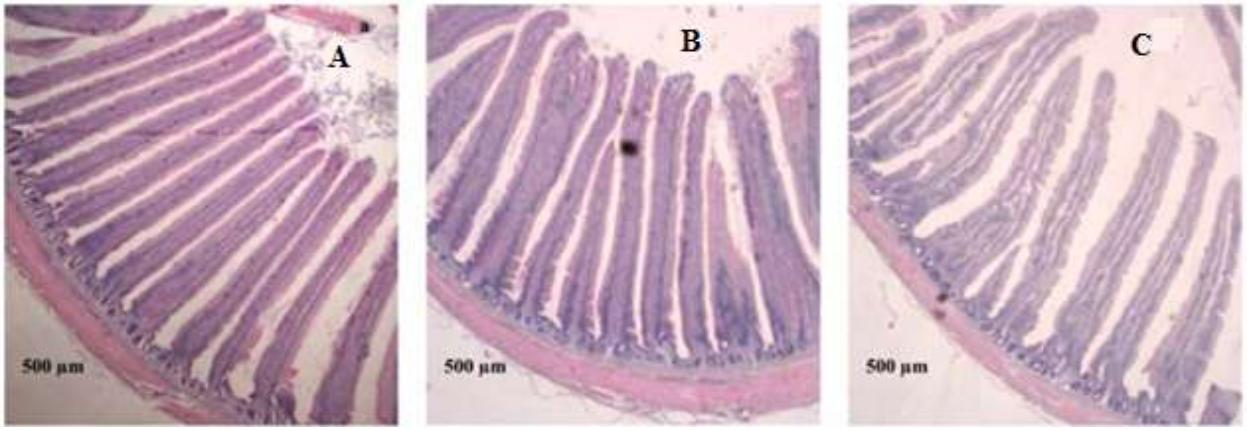
تأثير السموم الفطرية في الخلايا اللمفاوية لغدة بورسا مقطع عرضي في الغدة. الصورة (A) غدة سليمة. (B) غدة تظهر فيها أعراض ضمور للخلايا.



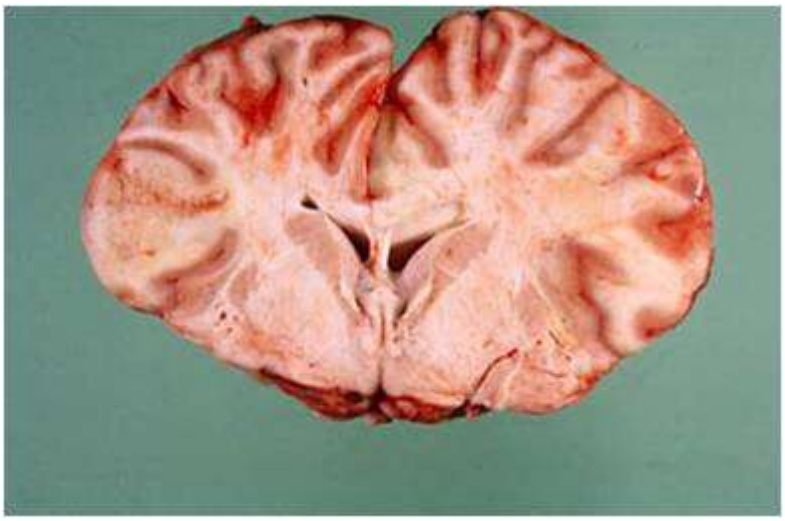
تأثير السموم الفطرية في خلايا الطحال. مقطع عرضي. (A) نزيف وتنخر في منطقة medulo-cortical. (B)- مقارنة سليم.



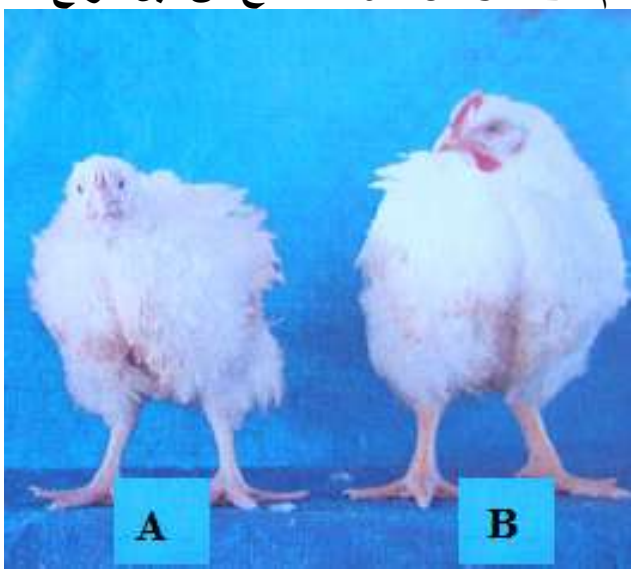
تأثير السموم الفطرية في الغدة الزعترية. مقطع عرضي. (A) ضمور ونضوب الخلايا اللمفاوية في منطقة اللحاء. (B) مقارنة سليم.



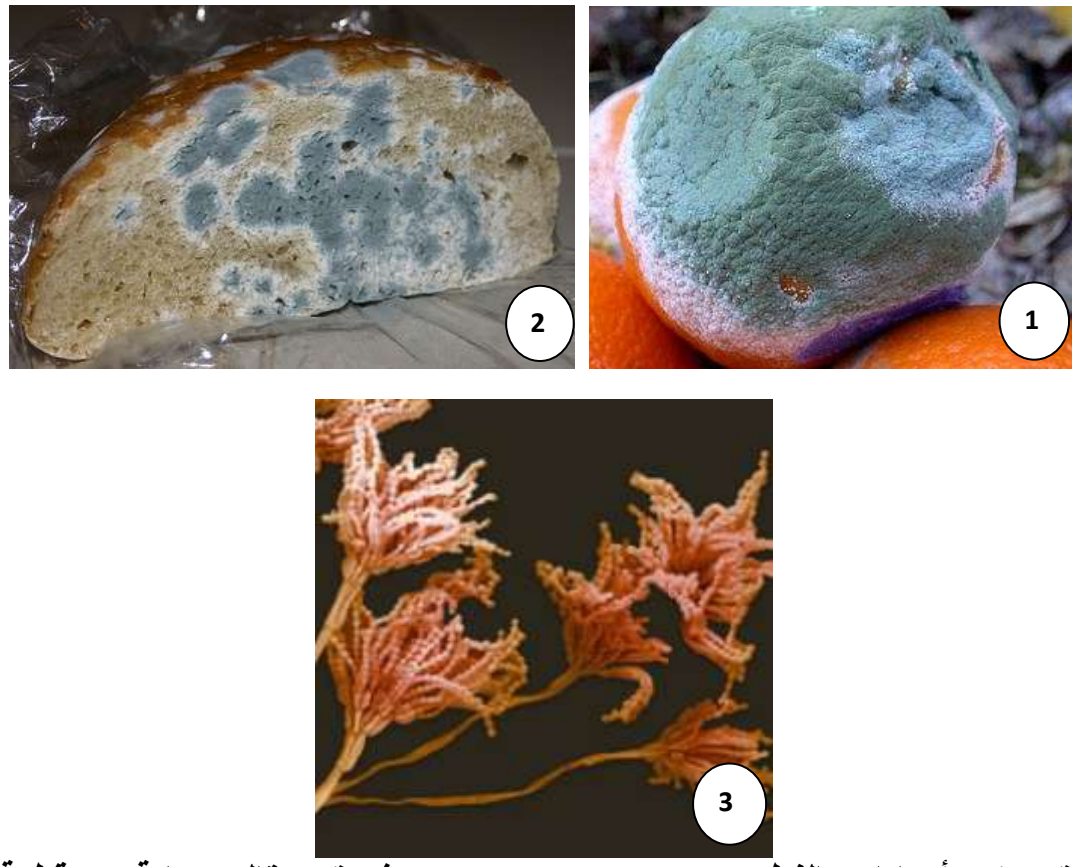
تأثير السموم الفطرية في الجهاز الهضمي لحيوانات التجربة في زغابات الإثنا عشري. (A) مقارنة حيوانات مغذاة على عليقة خالية من السم زغابات سليمة. (C,B) حيوانات مغذاة على عليقة ملوثة بالسمين DON و Fumonisin حيث يلاحظ ضمور وتأكل الزغابات.



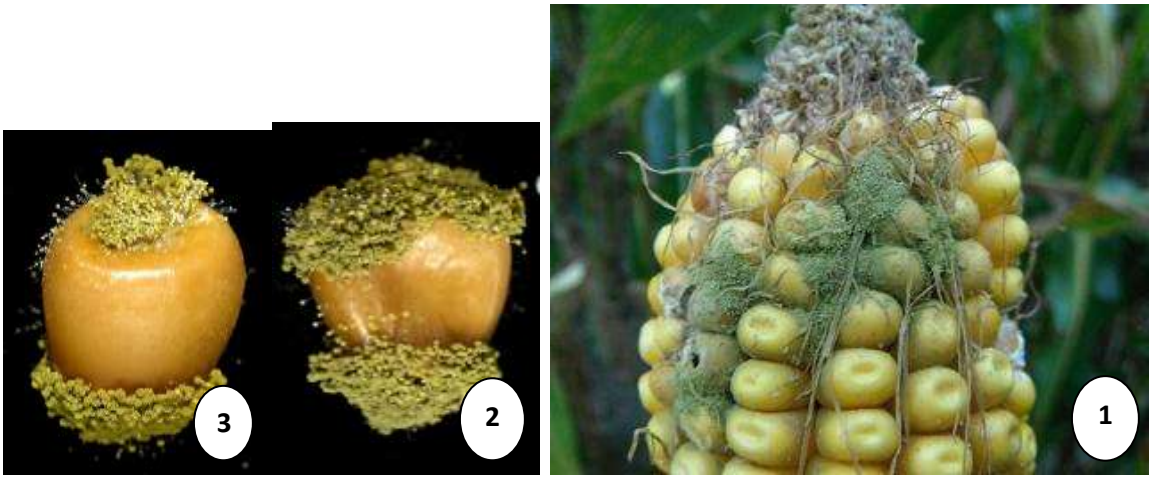
أعراض مرض leukocephalomalacia, حيث تظهر أعراض تنخر ونزف في تلافيف الدماغ. يتسبب عن التعرض لسم Fumonisin B1 المنتج من قبل انواع الفطر*Fusarium* spp.

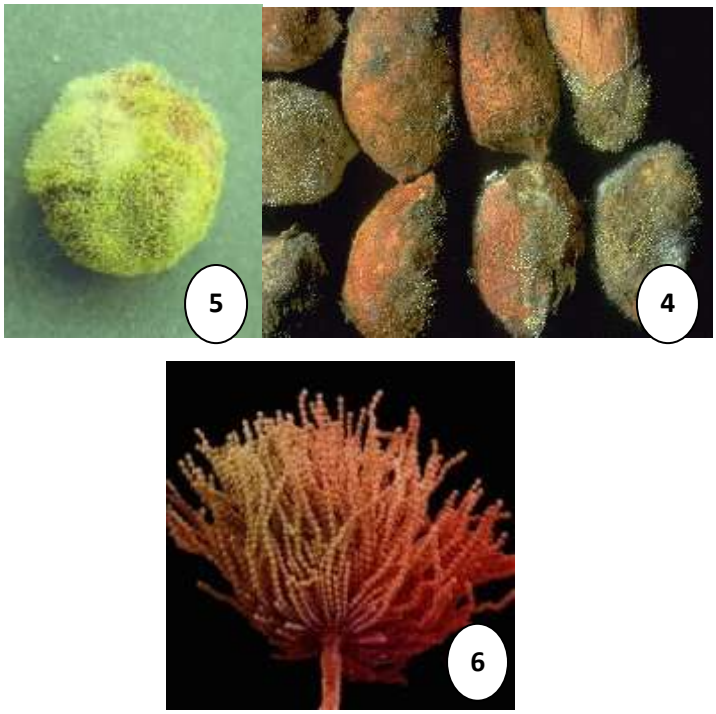


أعراض الخمول وإنخفاض الوزن على طيور دجاج اللحم. (A) طير مغذاة على عليقة ملوثة بسم الافلاتوكسين B1. (B) طير مغذاة بعليقة خالية من السم.



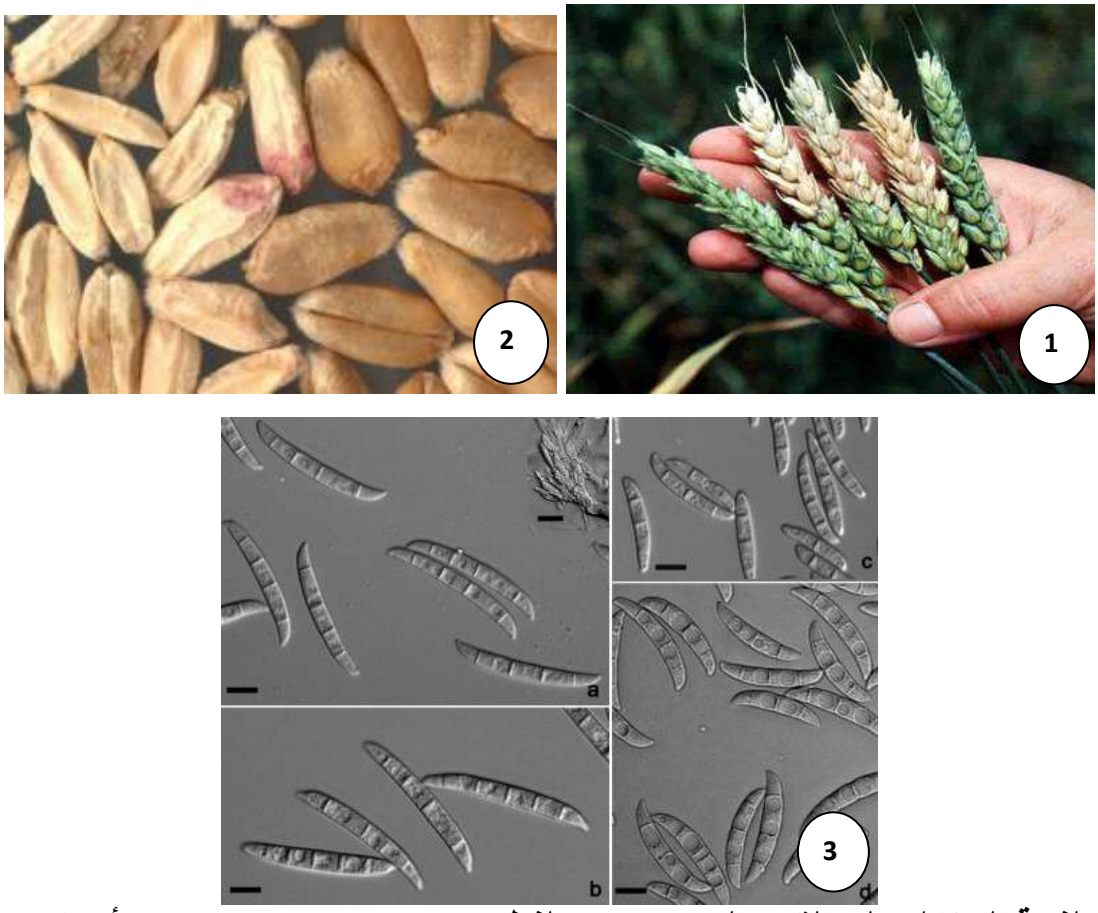
صورة توضح أصابات بالفطر *Penicillium* spp .1- ثمرة برتقال مصابة. 2- قطعة خبز مصابة. 3- شكل الفطر تحت المجهر X1200.





الصورة أعراض الأصابة بالفطر *Aspergillus flavus*. 1- عرنوص ذرة صفراء مصاب في الحقل. 2 و3- حبة ذرة صفراء ينمو عليها الفطر في المخزن. 4 و5- بذور فستق الحقل مصابة بالفطر. 6- الفطر تحت المجهر 1200 X .

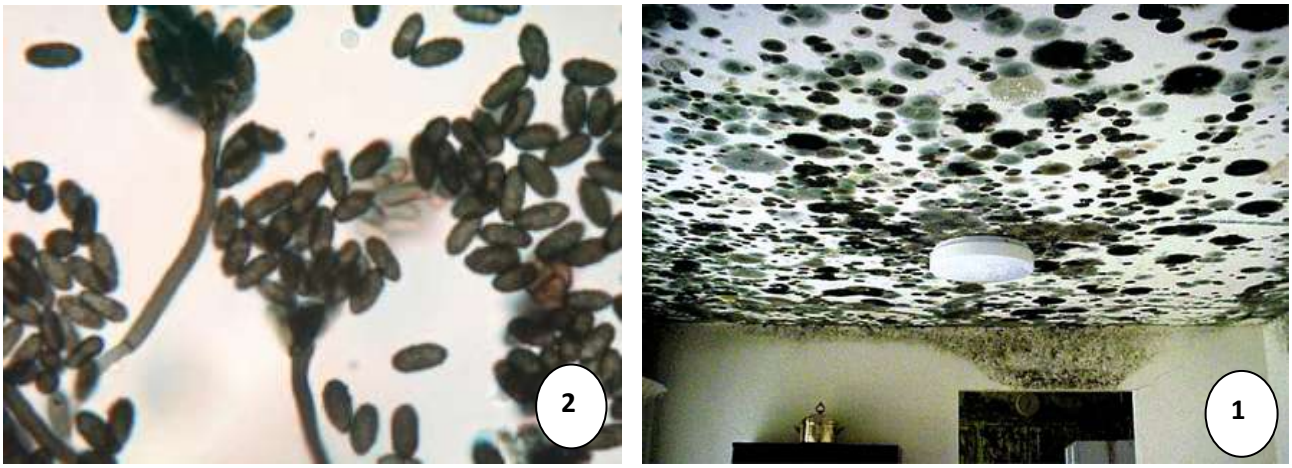
صورة توضح أعراض تعفن عرانيص الذرة الصفراء المتسبب عن الاصابة بالفطر *Fusarium* spp في الحقل.



مرض لفحة السنابل على القمح المتسبب عن الفطر *F. graminearum*. 1- أعراض الأصابة على السنابل. 2- أعراض الأصابة على الحبوب الناتجة. شكل الفطر تحت المجهر X1200.

مرض الأركوت على القمح المتسبب عن الفطر *Claviceps purpurea*,لاحظ الاجسام الحجرية السوداء للفطر مكان الحبوب المصابة.

أعراض مرض Ergotism المتسببة عن سموم الفطر *Claviceps purpurea*, وهي موت الأطراف التي تسبب الغنغرينا.



العفن الأسود على جدران المنازل الداخلية المتسبب عن الفطر *Stachybotrys chartarum*.
1- جدار ينمو عليه الفطر. 2- الفطر تحت المجهر X1000.

المراجع

Commission Recommendation of 17th August 2006 on the presence of deoxynivalenol, zearalenone, ochratoxin A, T-2 and HT-2 and fumonisins in products intended for animal feeding (2006/576/EC).

Mycotoxins: Theory and General Concept

Edited by

Oadi Najim Ismail Matny

Assistant Professor/Plant Disease & Mycotoxin

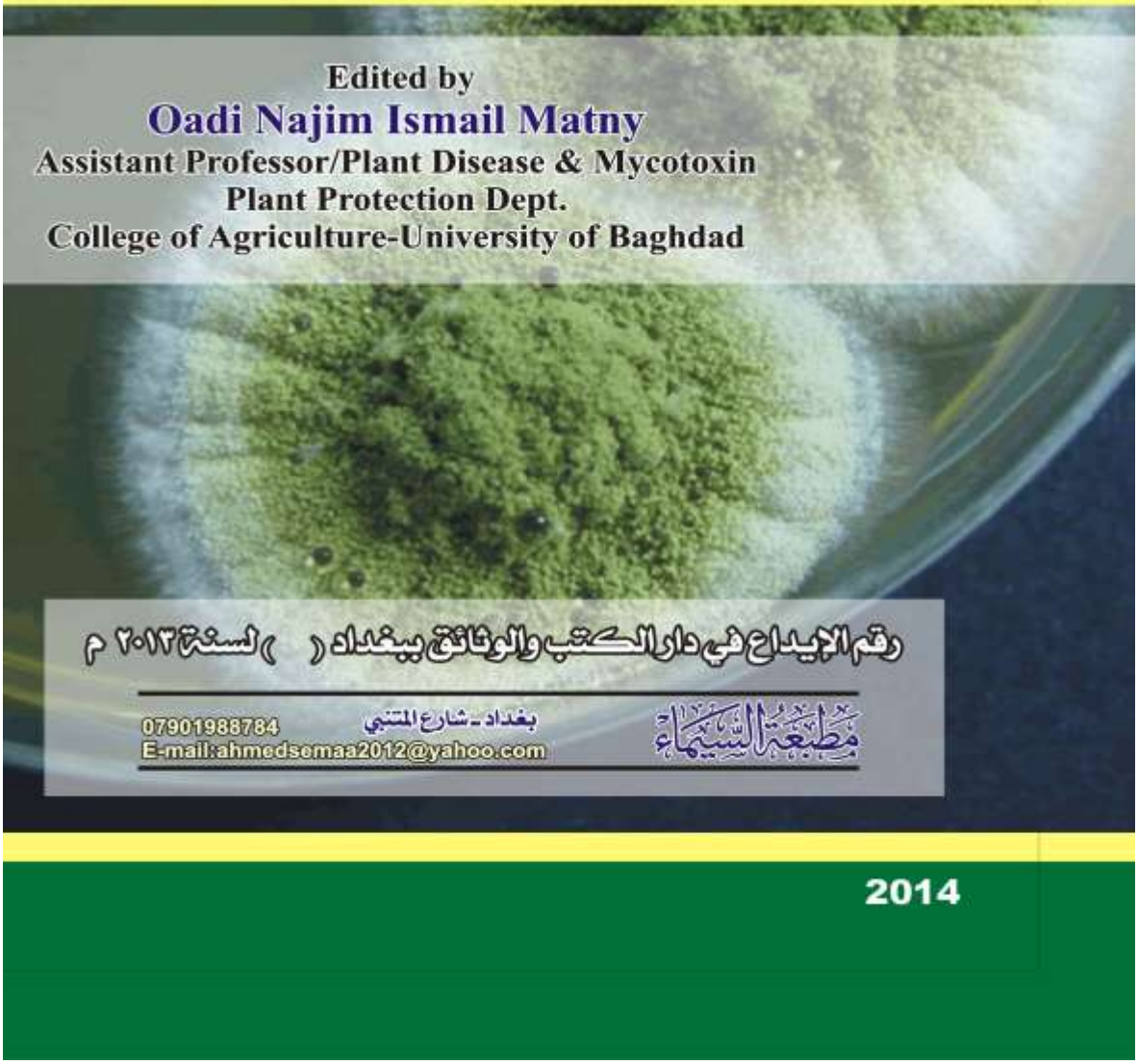
Plant Protection Dept.

College of Agriculture-University of Baghdad

2014

Mycotoxins

Theory and General Concept



Edited by

Oadi Najim Ismail Matny

Assistant Professor/Plant Disease & Mycotoxin

Plant Protection Dept.

College of Agriculture-University of Baghdad

رقم الإيداع في دار الكتب والوثائق ببغداد ( ) لسنة ٢٠١٣ م

مطبعة السيماء

بغداد - شارع المتنبي

07901988784

E-mail:ahmedsemaa2012@yahoo.com

2014

View publication stats