European Journal of Humanities and Educational Advancements (EJHEA)
Available Online at: https://www.scholarzest.com
Vol. 5 No.08, August 2024
ISSN: 2660-5589

THE POSSIBILITY OF REDUCING THE PRESENCE OF MYCOTOXINS IN SOME FOODSTUFFS AND FEED

Azhar Ali Alhaddad[1], Enaam Mohammed Husain[2], Mahmood Odah Jafar[3]
[1,2,3] Agriculture college – Basrah University- Iraq
azhar.hassan@uobasrah.edu.iq

Article history:
Received: June 4th 2024
Accepted: July 3rd 2024

Abstract:
The presence of mycotoxins in foodstuffs and feed is a major problem, because they threaten the lives of humans and animals. Therefore, the growth of the fungi that produce these toxins must be controlled or the effect of the toxin produced must be reduced or removed without affecting the nutritional value of the substance. Many studies and research have been carried out on the necessary means to prevent the growth and spread of toxin-producing fungi in foodstuffs and feed, starting from cultivation and harvesting operations and ending with storage and marketing operations. It was found that there are some methods that lead to the destruction or reduction of mycotoxins, represented by biological, chemical, or physical methods. Some fungi and bacteria can be used as biological agents in combating toxin-producing fungi, and there are many chemical agents suitable for controlling mycotoxins, including bases such as ammonia and aqueous oxides and oxidizing agents such as hydrogen peroxide, organic acids and other agents. It has also been found that treating grains with ammonia does not It not only reduces Aflatoxins, Fumonisins and Ochratoxins to undetectable levels, but also prevents the growth of toxic fungi. Physical methods have a major role in removing contamination with mycotoxins, as microwave and ultraviolet rays can be used to remove contamination with toxins such as Aflatoxins and Trichothecens. These techniques are usually applied during the food and feed industry because of their high efficiency in eliminating microorganisms and causing hydrolysis of some mycotoxins such as aflatoxin, ochratoxin, and T2- toxin and DON. The use of ozone in its gaseous form or by dissolving it in aqueous solutions for several hours is one of the methods that has proven its effectiveness in reducing fungal toxins formed after harvesting operations in particular and food processing in general.

Keywords: mycotoxins, treatment strategies, ozone, non-thermal plasma, mechanism of ozone addition to Aflatoxin B_1

المقدمة :

تعد السموم الفطرية احد نواتج الايض الثانوي في الفطريات , هي ليست مهمة لنمو الفطر او اكمال دورة حياته الا انها تكسبه ميزة تنافسية في الوسط الذي يعيش فيه وان لبعضها دور في تقدم الإصابة وظهور بعض الاعراض المرضية، تتوقف عملية تكون السموم الفطرية وافرازها على نوع الفطر وطبيعة الوسط الغذائي الذي ينمو فيه والظروف البيئية الملائمه كدرجات الحرارة والمحتوى الرطوبي ودرجة الحموضهpH) Wild et.al, 2010).عرفت السموم الفطرية منذ القدم وان أولى التقارير عنها كانت في القرن السابع عشر بعد ظهور حالات التسمم الاركوتي St. Antonius' fire نتيجة لوجود الاجسام الحجرية للفطر *Claviceps purpurea* في حبوب الشعير ثم تلاها تقرير Cokhel الذي يعد من التقارير الأولى التي نوهت عن مشكلة الافلاتوكسين الى ان بدأ العالم يهتم 1910 في إنكلترا بعد تغذيتها 1910 الف من صغار الديك الرومي عام 100بهذه المشكلة ويعكف على دراستها بعد حادثة نفوق اكثر من). ان تواجد السموم الفطرية لايقتصر على علائق من الفول السوداني الملوثة بالافلاتوكسينات van Dongen and de Groot, 1995) على المنتجات الزراعية فحسب وانما تتواجد أيضا في المواد الغذائية والاعلاف أيضا ويمكن ان يتواجد اكثر من نوع في تلك المواد من اجمالي المحاصيل في العالم حيث تكلف 25% . يسبب التلوث بالسموم الفطرية خسائر كبيرة تقدر ب (Nielsen,2003) وغيرها الى التحذير منه، تؤثر السموم WHO و FAO مليون دولار سنويا مما دعى منظمات عالمية مثل 100المنتجين ما يقارب الفطرية بشكل عام في صحة الانسان والحيوان حيث ان المصدر الرئيسي لذلك تناول المواد الغذائية والاعلاف الملوثه بتلك السموم مثل الذرة والفول السوداني والحبوب الملوثة إضافة الى استهلاك الانسان لمنتجات حيوانية كالحليب واللحوم لحيوانات تناولت مواد علفية ملوثه بالسموم الفطرية ، تتمثل الاثار الصحية في التسمم الحاد والمزمن والسرطان حيث تقسم السموم الفطرية من حيث التأثير الى عدة مجاميع مثل السموم التي تؤثر في الجهاز الهضمي كالكبد والجهاز المناعي ومن أهمها الافلاتوكسينات والتي تؤثر في الجهاز البولي كالكلى مثل الاوكراتوكسين وتلك المؤثره في الجهاز التناسلي مثل الزيرالينون ومشتقاته كالترايكوثسينات (Wild and Gong, 2010) . تعد الافلاتوكسينات من اخطر أنواع السموم الفطرية حيث تنتج من قبل أنواع عديده من الفطريات واشهرها

إذ تنمو على نطاق واسع من المحاصيل والمنتجات الزراعية والمواد الغذائية والاعلاف وخاصة *A.parasiticus* و *Aspergillus flavus* الذرة والفول السوداني والحبوب والقطن واللوز ، وتتم عملية انتاجها في مرحلة ماقبل الحصاد وتستمر تحت الظروف السيئة في 80% ورطوبة نسبية تبلغ 12المخزن واثناء الشحن والتصدير ، وان انسب الظروف الملائمة للإنتاج عندما تبلغ رطوبة البذور اكثر من). ان الاستيراتجيات الرئيسية للحد من السموم الفطرية في المواد Ehrlich etal,2007 °م (35 -30% ودرجة حرارة تتراوح بين الغذائية والاعلاف هي الوقاية ويتمثل ذلك في اتباع أساليب عديده كتطبيق الممارسات الزراعية المتطوره قبل وبعد الحصاد وزراعة الأصناف المقاومة واتباع أساليب الخزن السليم ورصد الظروف البيئية التي تساعد في نمو الفطريات المنتجه للسموم واستخدام ( ) . تعد السموم الفطرية مركبات كيميائية مستقره الى Schaafsma and Hooker, 2007خرائط بيانات الرصد الجوي للتنبؤ بحدوثها حد ما وتنتقل عبر السلسلة الغذائية ، هناك استيراتيجيات معالجة يمكن ان تؤدي الى تحلل جزء منها والحصول على مركبات اقل).سمية ، اذ تعتمد هذه الاستراتيجيات على أنظمة مختلفة مثل الزراعية والبيولوجية والكيميائية والفيزيائية (Medina etal,2007.

1 – إستراتيجيات المعالجة

A) الممارسات الزراعية – Agronomic Systems(

تتمثل تلك الممارسات بتوقيتات الزراعة والحصاد وتناوب زراعة المحاصيل و الحراثة وتنظيم الري حيث تؤثرهذه بشكل كبير في تلوث المحاصيل بالسموم الفطرية في الحقل ، كما ان الحصاد المبكر يؤدي الى تقليل الإصابة بالفطريات المسببة ، اذ وجدت تراكيز % من الفول السوداني عند حصاده بشكل مبكر، كما يمكن ان تؤثر تلك الممارسات 27اقل من الافلاتوكسينات وإنتاج اعلى وصل الى) الزراعية على البيئة الملائمة لنمـــو الفطريات المنتجه للسمـــــوم الفطـــــرية (Rachaputi et.al,2007 .

ان التناوب في زراعة المحاصيل وتغطية التربة يمكن ان يؤدي الى خفض التلوث بالسموم الفطرية حيث وجد زيادة التلوث في الحبوب المزروعة في تربة بدون حراثة اما عند استخدام الحرث العميق والتناوب بزراعة deoxynivalenolبالافلاتوكسين و) . كما ان Champeil et al , 2004المحاصيل واستخدام الأصناف الجيدة أدى ذلك الى خفض التلوث بتلك السموم في جنوب افريقيا ((مفهوم لإدارة الزراعة يعتمد على المراقبة والقياس والاستجابة للتقلبات بين precision farmingاستخدام تكنولوجيا الزراعة الدقيقة ويُشار إلى المناطق المحمية أيضًا أحيانًا بالزراعة الدقيقة والزراعة عبر الأقمار الصناعية والزراعة حسب الحقول وداخلها في المحاصيل) ممكن أن يساعد بشكل فعال في منع الملوثات الكيميائية والسموم الفطرية (Nazarizadeh الحاجة وإدارة المحاصيل الخاصة بالموقع et al , 2019 . (

B الأنظمة البيولوجية -Biological Systems

تعتمد الأنظمة البيولوجية على استراتيجيات المنافسة مع المواد السامة في البيئات المختلفة ، اذ توجد العديد من الكائنات الدقيقة التي تستخدم كعوامل مكافحة احيائية للفطريات المنتجة للسموم الفطرية في مرحلة ماقبل الحصاد ، وجد ان معالجة التربة قللت التلوث بشكل كبير من الافلاتوكسين *A.parasiticus* و *Aspergillus flavus*ببعض العزلات الغير منتجة للسموم الفطرية مثل الغير سامه لها تأثير مفيد في استبعاد السلالات المنتجة للفومونيزينات ومنعها من *Fusarium verticillioides*كما ان المعاملة بـ) . تعتمد كفاءة عوامل المكافحة الحيوية للسموم الفطرية على قدرتها في استعمار Stasiewicz et al,2017إنتاج الفومونيزينات. (الركيزة المستهدفه وان تكون نشطة في بيئات مختلفة دون التأثير في جودة المنتجات الغذائية ، وجد انه عند زراعة بعض أصناف الذرة مسؤول عن انتاج بروتين بلوري سام لحشرات حرشفية *Bacillus thuringiensis*المعدلة وراثيا (تحتوي على جين منقول من البكتريا الأجنحة) أدى الى خفض الاصابه بالسموم الفطرية مقارنة بالاصناف غير المعدله وراثيا حيث انه لهذه الحشرات دور في احداث الجروح) . كما استخدمت البكتيريا المحللة للسموم الفطرية والمعزولة Wu, 2006والتي تتسبب بدخول الفطريات الفارزة للسموم الفطرية. (من مصادر مختلفة مثل الكرش والامعاء والتربة وحتى الماء. في تحسين جودة الأعلاف بسبب التفاعلات بين سلالات بكتيريا حامض والباتولين، اذ تمنع هذه البكتيريا نمو الفطر وبالتالي السموم ZEA و OTAوالسموم الفطرية مثل الأفلاتوكسين و LAB اللاكتيك).الفطرية عن طريق إنتاج إنزيم مائي محدد يعمل على تحلل الكاربوهيدرات ويزيد من نشاط إنزيم العائل Luoe etal,2018.(

C الأنظمة الكيميائية -Chimical Systems

على وجه الخصوص، فإن استخدام . من المعروف جدا أن الضرر الذي تسببه الحشرات هو عامل جانبي في تطور السموم الفطرية (مبيدات الفطريات والمبيدات الحشرية مثل benomyl, thiabendazole, prochloraz, dichlorvos, landrin mathion, diazinon) اثناء عملية الإنتاج يمكن أن يساعد في تقليل العدوى الفطرية او الإصابة بالحشرات للمحاصيل بالتالي التلو ث بالسموم الفطرية ، ومع ذلك في كل من الدراسات المختبرية التي أجريت على المزارع النقية لمسببات الأمراض والتجار ب الميدانية على المحاصيل ، كانت الأدلة الناتجة بشأن فعالية مبيدات الفطريات متناقضة وفي بعض الحالات غير متوقعة إلى حد ما. في عدد من الحالات، كانت تراكيز مبيدات الفطريات التي تم اختبارها تتجاوز الحد الأقصى لمستويات الذوبان في الأوساط السائلة، وبالتالي فإن تفسير النتائج ليس واضحًا. وبالمثل، إذا أريد للمكافحة الكيميائية أن تنجح في المستقبل، فقد يلزم إدخال معايير إضافية في بروتوكولات التقييم لمبيدات الآفات المرشحة . وعلاوة على ذلك، لابد من استغلال حل أكثر قبولا من الناحية البيئية لمسألة تلو ث المنتجات النباتية اذ يجب السيطرة على الاستعمار الفطري أو الإصابة الحشرية للمحاصيل عن طريق الاستخدام المناسب للمبيدات .بالسموم الفطرية). Yoon,2013الحشرية ومبيدات الفطريات المسجلة وغير ها من الممارسات المناسبة ضمن برنامج المكافحة المتكاملة للآفات. (هناك العديد من العوامل الكيميائية المناسبة للتحكم في السموم الفطرية ، تشمل القواعد مثل الأمونيا والأكاسيد المائية والعوامل المؤكسدة مثل بيروكسيد الهيدروجين والأحماض العضوية (حمض الفورميك والبروبيونيك) وعوامل أخرى، وجد ان معاملة الحبوب بالامونيا لاتؤدي فقط إلى تقليل الأفلاتوكسينات والفومونيزينات والاوكراتوكسين إلى مستويات لايمكن اكتشافها، ولكنها تمنع ايضا نمو الفطريات السامة. ومع ذلك، فإن هذه الطريقة غير مسموح بها في الدول الاوربية لمعالجة الأغذية البشرية ، في الآونة الأخيرة ،تبين).أن خليط من الجلسرين و هيدروكسيد الكالسيوم له تأثير قوي في اختزال السموم الفطرية Gavahian and Cullen, 2020.(

D الأنظمة الفيزيائية -Physical Systems

تشمل الطرق الفيزيائية لإزالة التلوث بالسموم الفطرية إجراءا ت مختلفة مثل التجفيف والتنظيف والفرز الميكانيكي والغسل والتشعيع ، يؤدي التجفيف السريع للمنتجات الزراعية إلى تقليل مستوى الرطوبة مما يخلق ظروفا اقل ملائمة لنمو الفطريات ، حيث ساعة قلل من نمو الفطريات وإنتاج الافلاتوكسينات، كما اثبت أيضا 28-24% خلال 15.5وجد ان تقليل المحتوى الرطوبي للذرة الى *Aspergillus flavus*). Lanyasunya% كان فعالا في تثبيط نمو الفطر 6.6ان تقليل المحتوى الرطوبي للفول السوداني بنسبة). يجب الحفاظ على مستويات منخفضة من الرطوبة في المنتجات الزراعية والمواد الغذائية والاعلاف اثناء التخزين والنقل etal,2005 والتسويق عن طريق منع التسرب في اسطح المخازن وتجنب التكثيف الناتج عن التهوية غير الكافية، اثبت ان معالجات مثل الفرز والغسل والتجفيف والسحق مع إزالة القشور في الذرة الصفراء كانت لها فعالية في إزالة نسبة كبيرة من السموم الفطرية ويعتمد هذا النهج على فصل الحبوب الملوثة عن السليمة بالاعتماد على ملاحظة الجزء الصغير الملوث بشده من هذه الحبوب اذ اثبت ان % من السم يرتبط بالحبوب الصغيرة والذابلة والفارغة ، كما ان استخدام الغسل بالماء ومحلول كربونات الصوديوم قلل من 80حوالى

). ان Fandohan etal,2005 تركيزبعض السموم الفطرية في الحبوب وحقول الذرة أيضا وهذا كان مفيدا جدا قبل عملية الطحن .(استخدام المعالجة الحرارية غير مجدي في إزالة السموم الفطرية لكونها مركبات مستقرة كيميائيا ومع ذلك يمكن استخدام اشعة المايكروويف والاشعة فوق البنفسجية في إزالة التلوث بالسموم كالافلاتوكسينات والترايكوثسينات وعادة مايتم تطبيق هذه التقنيات اثناء صناعة الأغذية والاعلاف بسبب كفاءتها العالية في القضاء على الكائنات الدقيقة واحداث التحلل المائي لبعض السموم الفطرية كالافلاتوكسين والاوكراتوكسين و T2-toxinوDON) Peng etal,2018 .(

استخدام الأوزون في إزالة السموم الفطريةDetoxification of Mycotoxins by Ozone

) وهذه اعلى من V 2.07- الأوزون هو الشكل الثلاثي للاوكسجين وهو غاز طبيعي له القابلية العالية على الاكسده والاختزال ( ) و حامض الهيبوكلوراس V 1.78-) وبيروكسيد الهيدروجين (V 1.36-المؤكسدات الأخرى المستخدمة في صناعة الأغذية مثل الكلور ( ) ضد البكتيريا والفيروسات والطحالب والفطريات وبالتالي يتم استخدام الأوزون كوسيلة فيزيائية وكيميائية لتعطيل الميكروبات V 1.49-(في معالجة الأغذية والأعلاف، و يمتم تطبيقها على المنتجات الغذائية الجافة و السائلة على حد سواء لكونه آمن إذ يتحلل و لا يترك أي أثر على الاغذية فضلا" عن تعزيزها لمدة صلاحية الاغذية بكل أنواعها.

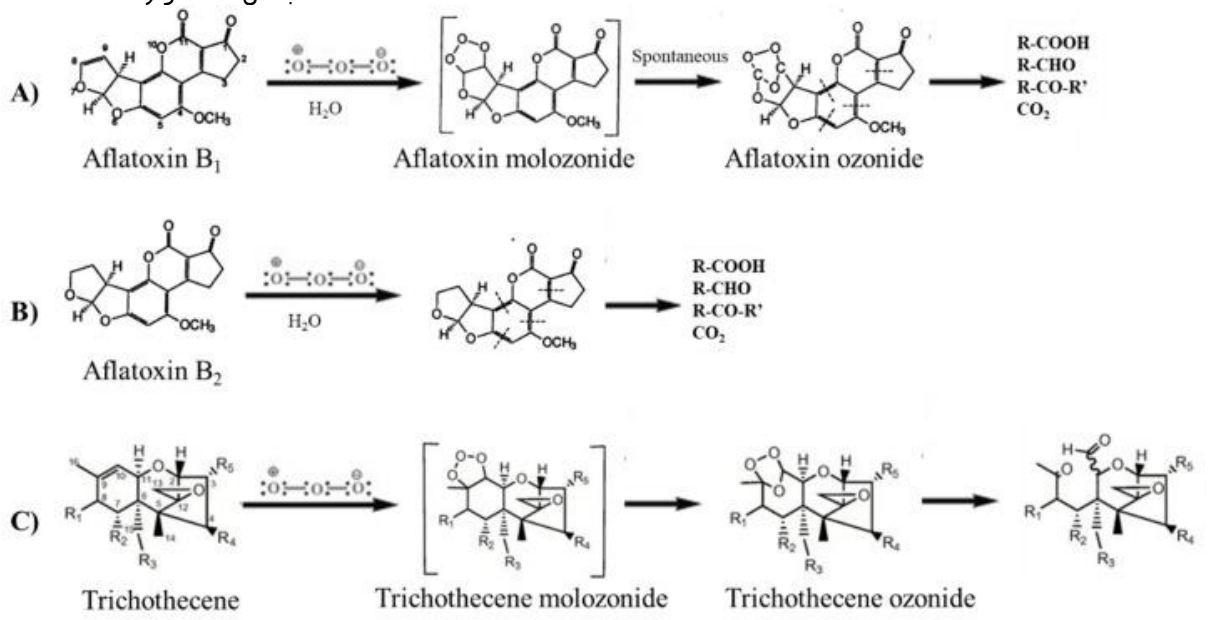
يعمل الأوزون كمادة مؤكسدة للمكونات الداخلية للخلية كذلك تسرب محتويات الخلية بالإضافة الى تحلل الحيوي للبروتينات الخلوية بالتالي يقلل نموها بالتالي يسبب موت سريع للخلايا. تعتمد فاعلية الأوزون على عوامل عدة منها نوع الغذاء و الكائن المراد معالجتهم و وقت المعالجة و الظروف البيئية مع هذا هناك تحذيرات عند استخدام الاوزون في معالجة الاعلاف و الأغذية اذ يعمل على تغيير في). Luo et.al 2018لون و اكسدة الدهون لذلك يجب اجراء دراسات عدة لتلافي اضرار استخدام الأوزون (

يتم استخدام الأوزون اما بشكله الغازي أو عن طريق تذويبه في المحاليل المائية لعدة ساعات و استخدامه كماء معالج بالأوزون و يعتمد قابلته للذوبان في الماء على عدة عوامل منها الضغط الجوي و درجة حموضة الماء و درجة الحرارة و لنقاوة الغاز دور مهم في عملية معالجة المواد الغذائية. و تشمل الطريقة الثانية (استخدام الأوزون بالشكل المائي) خطوة غسل المنتجات الغذائية مع هذا كلتا الطريقتين اثبتت جدارتها للحد من السموم الفطرية المتكونة بعد عمليات الحصاد بشكل خاص و معالجة الأغذية بشكل عام Hammond et.al 2003.(

أثبتت الدراسات السابقة التي أجراها الباحثون في مجال السموم ان استخدام الاوزون بصورته الغازية يكون اكثر فاعلية مقارنة تشكل إيثر الفينيل عند C8-C9 بسبب وجود رابطة مزدوجة AFG_1 وAFB_1 في تحلل O_3 بالمحاليل المائية و هذا يدل على نجاح تعرضًا (AFG_2) G2و الأفلاتوكسين AFB_2 يتطلب تحلل AFG_2 و AFB_2حلقة الفوران الطرفية فيتركيبها و هو غير موجود في هو الأكثر ضررًا من بين الأفلاتوكسينات الأربعة AFB_1بصورة عامة O_3. أطول للأكسجين حتى يتم فتح حلقة اللاكتون بواسطة معالجة بسبب سميته الكبدية الواضحة و قدرته على التسبب في السرطان إذ تم تصنيفه ضمن المجموعة الأولى من المواد المسرطنة البشرية نتيجة لذلك كان هذا الملوث الغذائي و العلفي هو محور جميع التجارب التي أجريت في الآونة الأخيرة (Hongwen et.al,2021 .)

والترايكوثسين B2 و B1الية لإضافة الأوزون إلى الأفلاتوكسين

مع ترك باقي الجزيء دون $9,10O_2$ مع إضافة لذرتين من باواصر المزدوجةO_3 أثبتت الدراسات أن تحلل ترايكوتيسينات بدأ بارتباط في تحطيم و ازالة السموم الأوكراتوكسينات. على الرغم من وجود الكثير من O_3 فعالية (McKenzie et.al(1997تغيير كما أثبت الدراسات التي تثبت فاعلية الأوزون في تحلل أو تقليل فاعلية السموم الفطرية الا ان بعض الدراسات تشير الى الفعل التنشيطي لبعض السموم عند استخدام الأوزون.

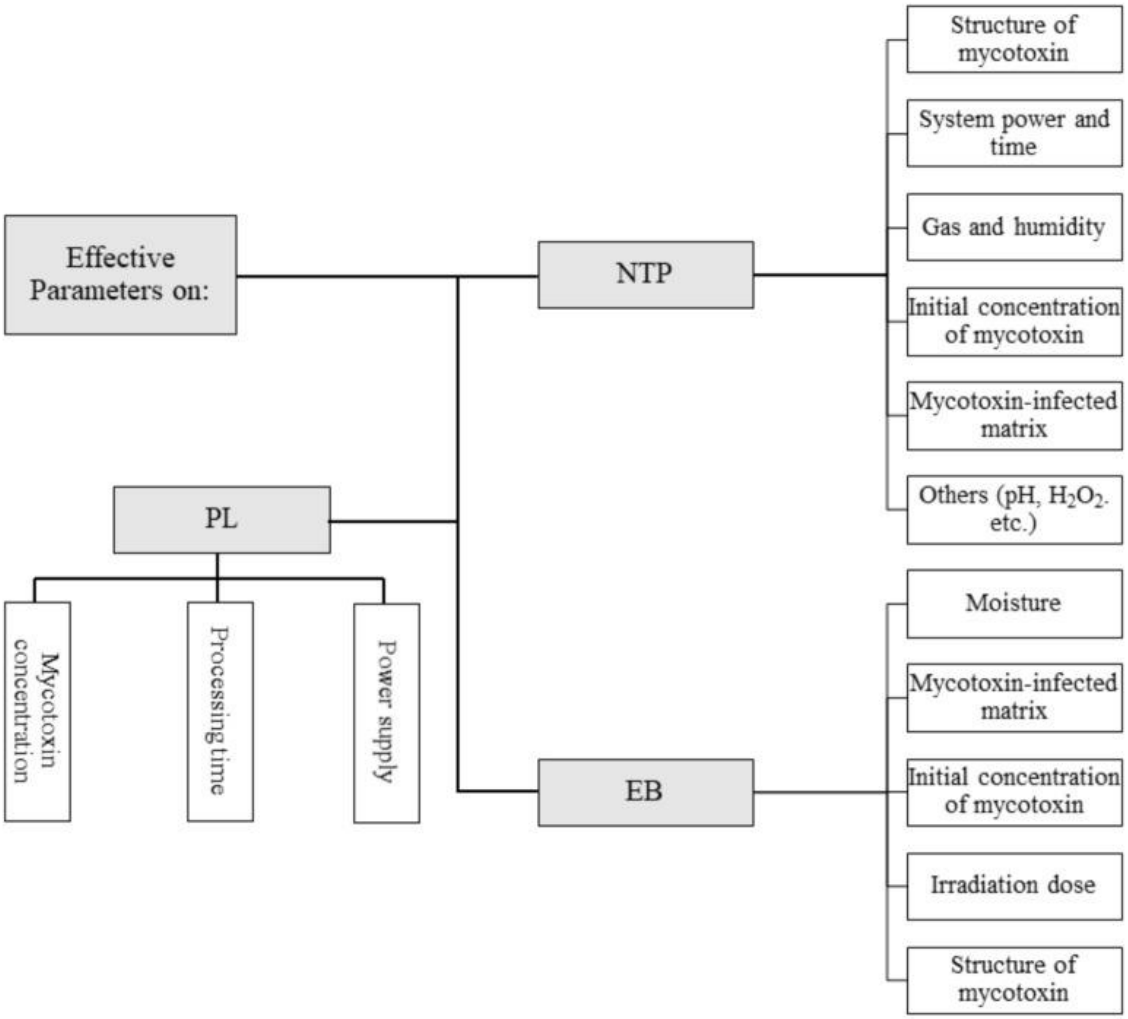


شكل (1) آلية اضافة الأوزون لبعض السموم الفطرية

استخدام أشعة كاما (البلازما غير الحرارية) للحد من السموم الفطرية

و يرمز مصطلح بلازما الى الغاز المتأين كليا" او non-thermal plasma (NTP) سميت هذه التقنية بتقنية درجة الحرارة المنخفضة جزئيا" و الذي بدوره يتكون من أيونات و الالكترونات و فوتونات حرة, تعمل هذه التقنية عن طريق تحلل السموم الفطرية من خلال الأكسدة، أو الإيبوكسيد، أو الهدرجة، أو انقسام حلقات الفوران، أو من خلال تعديل السيكلوبنتانون، أو حلقة اللاكتون، أو مجموعة الميثوكسيل عادة باستخدام التفريغ الكهربائي أو عن طريق تطبيق الموجات الدقيقة. وجد ان الافلاتوكسينات تتأثر عند تعريضها

للأشعة فوق البنفسجية ولكن ليس بالإمكان استعمالها كطريقة لإزالة السمية . حيث وجدت دراسة تأثير اشعة كاما في الافلاتوكسينات ان تعرض عليقة ملوثة بالافلاتوكسينات الى جرعة مقدارها (2-5) ميكاراد من اشعة كاما واعطائها الى حيوانات التجارب سبّب اضراراً للكبد مشابهة للأضرار المعروفة التي تسببها الافلاتوكسينات وان ضعف فعالية هذه المعاملة يعود الى حقيقة ان الافلاتوكسينات لا تهاجم بأشعة كاما مباشرة الا ان وجود الماء يعد العامل الرئيسي في تقدير فعالية هذه العملية، اذ وجد ان الماء والمركبات الاخرى البسيطة تنتج جذوراً حرة عند تعريضها لهذه الاشعة تتفاعل مع الجزيئات العضوية (Aya et.al,2022 .)



الشكل (2) يوضح كيفية عمل الطرق الفيزيائية في تحطيم السموم

الإستنتاجات

راجعت الدراسة أعلاه أهم الطرق المستخدمة للتخلص أو تقليل فاعلية السموم الفطرية كما سلطت الضوء على تقليل المتبقيات الناتجة بفعل اضافة المركبات الكيميائية للتخلص من السموم الناتجة بفعل المسببات الممرضة. و عليه أثبت الأوزون نتائج جيدة لحل المشاكل الناجمة بفعل السموم و خاصة الفطرية منها من خلال تثبيط النموات الفطرية و تقليل اللقاح الفطري كذلك تقليل بقايا المبيدات و منها المبيدات الحشرية.

تزداد فاعلية التثبيطية للأوزون بتوفر الظروف الملائمة منها درجة الحرارة و الرطوبة نوع الكائن الممرض و نوع المادة الغذائية المراد معاملتها كذلك تركيز السم و نوعه و كميته كذلك يجب اجراء الدراسات المختبرية لمعرفة نواتج التحلل من خلال اضافة الأوزون للمخلفات النباتية و تأثيرها على الإنسان و الحيوان. من خلال تحديد التركيز المناسب للأوزون المستخدم كمعالج و استخدام الطرق الحديثة لتوفير الغاز عالي الجودة لضمان اعطاءه نتائج مثلى للحد من السموم.

REFERENSES

1. Aya Ben Amara,Amel Mehrez,Chayma Ragoubi,.Roberto Romero-González, Antonia Garrido Frenich,Ahmed Landoulsi,Imed Maatouk1.(2022).Fungal mycotoxins reduction by gamma irradiation in naturally contaminated sorghum. J Food Process Preserv. 2022;00:e16345. DOI: 10.1111/jfpp.16345. Belal J. Muhialdin,1,2,* Nazamid Saari,1 and Anis Shobirin Meor Hussin.(2020).Review on the Biological Detoxification of Mycotoxins Using Lactic Acid Bacteria to Enhance the Sustainability of Foods Supply. Jun25(11): 2655. doi: 10.3390/molecules25112655.
2. Champeil, A.; Doré, T.; Fourbet, J.F.(2004). Fusarium head blight: Epidemiological origin of the effects of cultural practices on head blight attacks and the production of mycotoxins by Fusarium in wheat grains. Plant Sci. 166, 1389–1415.

3. Ehrlich, K. C., Kobbeman, K., Montalbano, B .G. and Cotty, P. J. (2007). Aflatoxin-producing Aspergillus species from Thailand. Int. J .Food Microbiol., 114: 153-159
4. Fandohan, P.; Gnonlonfin, B.; Hell, K.; Marasas, W.F.O.; Wingfield, M.J.(2005). Natural occurrence of Fusarium and subsequent fumonisin contamination in pre-harvest and stored maize in Benin, West Africa. Int. J. Food Microbiol. 99, 173–183.
5. Gavahian, M.; Cullen, P.J.(2020). Cold plasma as an emerging technique for mycotoxin-free food: Efficacy, mechanisms, and trends. Food Rev. Int. 36, 193–214.
6. Hammond, B.; Campbell, K.; Pilcher, C.; Robinson, A.; Melcion, D.; Cahagnier, B.; Richard, J.; Sequeira, J.; Cea, J.; Tatli, F.(2003). Reduction of fumonisin mycotoxins in Bt corn. Toxicologist. 72, 1217.
7. Hongwen Xu, Liangzhe Wang, Jiadi Sun, Liping Wang, Hongyan Guo, Yongli Ye & Xiulan Sun (2021): Microbial detoxification of mycotoxins in food and feed, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, DOI: 10.1080/10408398.2021.1879730
8. Lanyasunya, T.P.; Wamae, L.W.; Musa, H.H.; Olowofeso, O.; Lokwaleput, I.K.(2005). The risk of mycotoxins contamination of dairy feed and milk on smallholder dairy farms in Kenya. Pak. J. Nutr. 4, 162–169.
9. Luo, Y.; Liu, X.; Li, J.(2018). Updating techniques on controlling mycotoxins—A review. Food Control.89, 123–132.
10. McKenzie K.S., Sarr A.B., Mayura K., Bailey R.H., Miller D.R., Rogers T.D., Norred W.P., Voss K.A., Plattner R.D., Kubena L.F., et al. Oxidative degradation and detoxification of mycotoxins using a novel source of ozone. *Food Chem. Toxicol.* 1997;35:807–820. doi: 10.1016/S0278-6915(97)00052-5.
11. Medina, A.; Akbar, A.; Baazeem, A.; Rodriguez, A.; Magan, N. (2017). Climate change, food security and mycotoxins: Do we know enough? Fungal Biol. Rev. 2017, 31, 143–154.
12. Nazarizadeh, H.; Hosseini, S.M.; Pourreza, J.(2019). Effect of plant extracts derived from thyme and chamomile on the growth performance, gut morphology and immune system of broilers fed aflatoxin B1 and ochratoxin A contaminated diets. Ital. J. Anim. Sci. 18, 1073–1081.
13. Nielsen, K.F., 2003. Mycotoxin production by indoor molds. Fungal Genet. Biol. 39, 103–117. PanelLuling Zhao , Jin Wang , Xiaowei Sheng , Shanrui Li , Wenjing Yan , Jing Qian , Jianhao Zhang , Vijaya R aghavan.(2023). Non-thermal plasma inhibited the growth and aflatoxins production of *Aspergillus flavus*, degraded aflatoxin B1 and its potential mechanisms. https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.146017.
14. **PanelLuling Zhao, Xiaowei Sheng, Shanrui Li, Wenjing Yan, Jing Qian , Jin Wang, Jianhao Zhang , Vijaya Raghavan.(2024). Assessment of non-thermal plasma for decontamination against *Aspergillus flavus* and aflatoxin B1 in maize. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2024.110521.**
15. Peng, W.X.; Marchal, J.L.M.; van der Poel, .(2018). A.F.B. Strategies to prevent and reduce mycotoxins for compound feed manufacturing. Anim. Feed Sci. Tech. 237, 129–153.
16. Peraica, M.; Domijan, A.M.; Jurevi´c, Ž.; Cvjetkovi´c, B. Prevention of exposure to mycotoxins from food and feed. Arh. Hig. Rada Toksikol. 2002, 53, 229–237.
17. Rachaputi, N.R.; Wright, G.C.; Kroschi, S.(2002). Management practices to minimise pre-harvest aflatoxin contamination in Australian groundnuts. Aust. J. Exp. Agric. 42, 595–605.
18. Rogovschi, V. D.; Aquino, S.; Zorzete, P.; Reis, T. A.; Corrêa B., Villavicencio, A. L. C. H.(2007). Use of gamma radiation and electron beam treatment on decontamination of coconut agar medium used in the production of aflatoxins. AccApp'07, Pocatello, Idaho, July 29-August 2.
19. Schaafsma, A., Hooker, D.C., 2007. Climatic models to predict occurrence of Fusarium toxins in wheat and maize. Int. J. Food Microbiol. 119, 116–125.
20. Stasiewicz, M.J.; Falade, T.D.O.; Mutuma, M.; Mutiga, S.K.; Harvey, J.J.; Fox, G.; Pearson, T.C.; Muthomi, J.W.; Nelson, R.J.(2017). Multi-spectral kernel sorting to reduce aflatoxins and fumonisins in Kenyan maize. Food Control .78, 203–214.
21. van Dongen, P.W.J., de Groot, A.N.J.A., 1995. History of ergot alkaloids from ergotism to ergometrine. Eur. J. Obstetrics. Gynecol. Reproduct. Biol. 60, 109–116.
22. Wild CP, Gong YY (2010). Mycotoxins and human disease: a largely ignored global health issue. Carcinogenesis, 31:71–82
23. Wu, F.(2006). Mycotoxin reduction in Bt corn: Potential economic, health, and regulatory impacts. Transgenic Res. 15, 277–289.
24. Yoon, M.Y.; Cha, B.; Kim, J.-C.(2013). Recent trends on botanical fungicides in agriculture. Plant Pathol. J. 29, 1–9.