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
Agriculture college – Basrah University- Iraq
azhar.hassan@uobasrah.edu.iq
Enaam Mohammed Husain
Agriculture college – Basrah University- Iraq
Mahmood Odah Jaafar
Agriculture college – Basrah University- Iraq

Article history:
Received June 4 th 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 B1.

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 الحموضه pH (Wild & Gong, 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 في 1910 الذي يعد من التقارير الأولى التي نوهت عن مشكلة الافلاتوكسين الى ان بدأ العالم يهتم بهذه المشكلة ويعكف على دراستها بعد حادثة نفوق اكثر من 100 الف من صغار الديك الرومي عام 1910 في إنكلترا بعد تغذيتها على علائق من الفول السوداني الملوثة بالافلاتوكسينات (van Dongen & de Groot, 1995). ان تواجد السموم الفطرية لايقتصر على المنتجات الزراعية فحسب وانما تتواجد أيضا في المواد الغذائية والاعلاف أيضا ويمكن ان يتواجد اكثر من نوع في تلك المواد (Fog Nielsen, 2003). يسبب التلوث بالسموم الفطرية خسائر كبيرة تقدر ب 25 % من اجمالي المحاصيل

في العالم حيث تكلف المنتجين ما يقارب 100 مليون دولار سنويا مما دعى منظمات عالمية مثل FAO و WHO وغيرها الى التحذير منه، تؤثر السموم 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 & Gong, 2010). تعد الافلاتوكسينات من اخطر أنواع السموم الفطرية حيث تنتج من قبل أنواع عديده من الفطريات واشهرها *Aspergillus flavus* و*A.parasiticus* إذ تنمو على نطاق واسع من المحاصيل والمنتجات الزراعية والمواد الغذائية والاعلاف وخاصة الذرة والفول السوداني والحبوب والقطن واللوز ، وتتم عملية انتاجها في مرحلة ماقبل الحصاد وتستمر تحت الظروف السيئة في المخزن واثناء الشحن والتصدير ، وان انسب الظروف الملائمة للإنتاج عندما تبلغ رطوبة البذور اكثر من 12% ورطوبة نسبية تبلغ 80 % ودرجة حرارة تتراوح بين 30 -35 °م (Ehrlich et al., 2007). ان الاستيراتجيات الرئيسية للحد من السموم الفطرية في المواد 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 خرائط بيانات الرصد الجوي للتنبؤ بحدوثها (Schaafsma & Hooker, 2007). تعد السموم الفطرية مركبات كيميائية مستقره الى 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 et al., 2017) .

2. إستراتيجيات المعالجة

2.1 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 اقل من الافلاتوكسينات وإنتاج اعلى وصل الى 27% من الفول السوداني عند حصاده بشكل مبكر، كما يمكن ان تؤثر تلك الممارسات الزراعية على البيئة الملائمة لنمـــو الفطريات المنتجه للسمـــــوم الفطـــــرية (Rachaputi et al., 2002).

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

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

2.3 الأنظمة الكيميائية Chemical Systems

من المعروف جدا أن الضرر الذي تسببه الحشرات هو عامل جانبي في تطور السموم الفطرية .على وجه الخصوص، فإن استخدام 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 بالسموم الفطرية .اذ يجب السيطرة على الاستعمار الفطري أو الإصابة الحشرية للمحاصيل عن طريق الاستخدام المناسب للمبيدات الحشرية ومبيدات الفطريات المسجلة وغير ها من الممارسات المناسبة ضمن برنامج المكافحة المتكاملة للآفات (Yoon et al., 2013). 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 & Cullen, 2020).

2.4 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 وجد ان تقليل المحتوى الرطوبي للذرة الى 15.5% خلال 28-24 ساعة قلل من نمو الفطريات وإنتاج الافلاتوكسينات، كما اثبت أيضا ان تقليل المحتوى الرطوبي للفول السوداني بنسبة 6.6% كان فعالا في تثبيط نمو الفطر *Aspergillus flavus* (Lanyasunya et al.,2005). يجب الحفاظ على مستويات منخفضة من الرطوبة في المنتجات الزراعية والمواد الغذائية والاعلاف اثناء التخزين والنقل 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 حوالى 80% من السم يرتبط بالحبوب الصغيرة والذابلة والفارغة ، كما ان استخدام الغسل بالماء ومحلول كربونات الصوديوم قلل من تركيز بعض السموم الفطرية في الحبوب وحقول الذرة أيضا وهذا كان مفيدا جدا قبل عملية الطحن (Fandohan et al., 2005). ان 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 وT2-toxinوDON (Peng et al., 2018).

استخدام الأوزون في إزالة السموم الفطرية Detoxification of Mycotoxins by Ozone

الأوزون هو الشكل الثلاثي للاوكسجين وهو غاز طبيعي له القابلية العالية على الاكسده والاختزال (2.07 V-) وهذه اعلى من المؤكسدات الأخرى المستخدمة في صناعة الأغذية مثل الكلور (1.36V-) وبيروكسيد الهيدروجين (1.78V-) و حامض الهيبوكلوراس (1.49V-) ضد البكتيريا والفيروسات والطحالب والفطريات وبالتالي يتم استخدام الأوزون كوسيلة فيزيائية وكيميائية لتعطيل الميكروبات 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.

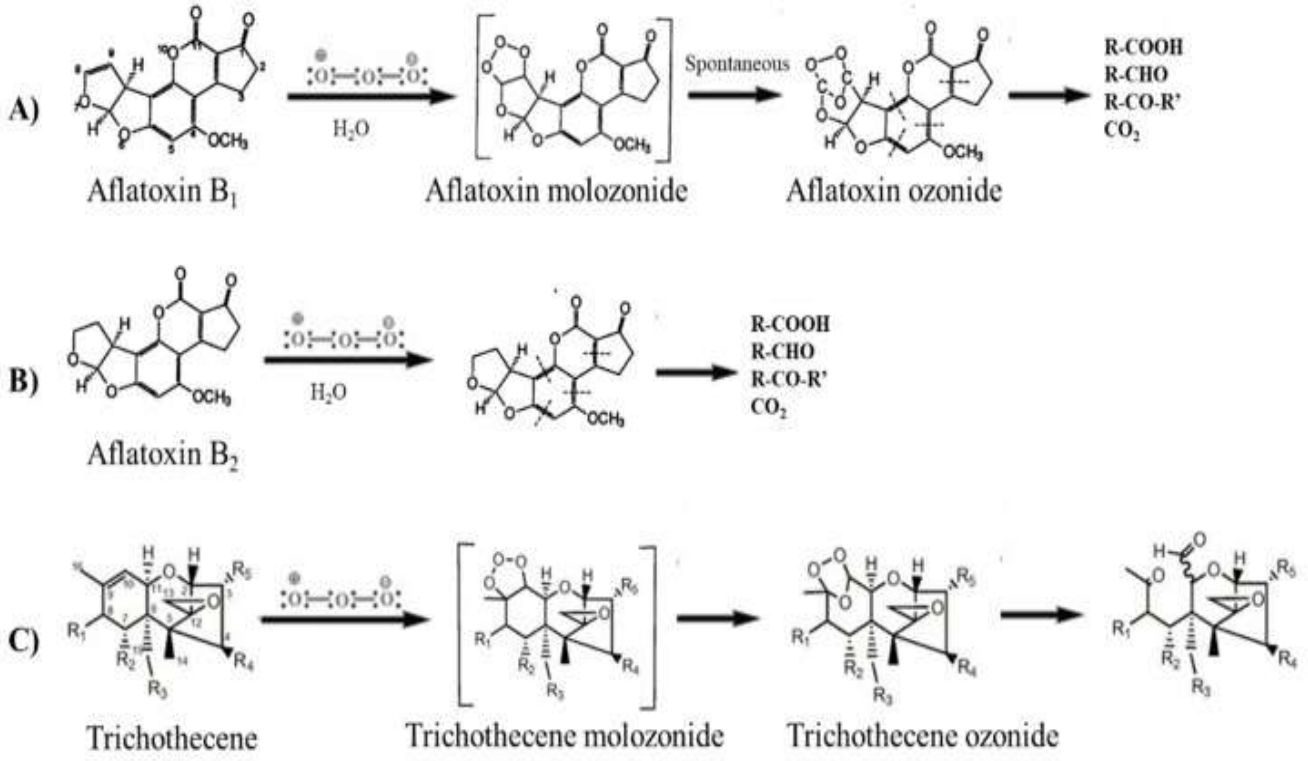
يعمل الأوزون كمادة مؤكسدة للمكونات الداخلية للخلية كذلك تسرب محتويات الخلية بالإضافة الى تحلل الحيوي للبروتينات الخلوية بالتالي يقلل نموها بالتالي يسبب موت سريع للخلايا. تعتمد فاعلية الأوزون على عوامل عدة منها نوع الغذاء و الكائن المراد معالجتهم و وقت المعالجة و الظروف البيئية مع هذا هناك تحذيرات عند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

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 (Hamoond et al., 2003).

أثبتت الدراسات السابقة التي أجراها الباحثون في مجال السموم ان استخدام الاوزون بصورته الغازية يكون اكثر فاعلية مقارنة بالمحاليل المائية و هذا يدل على نجاح O 3 في تحلل AFB 1 و AFG 1 بسبب وجود رابطة مزدوجة C8-C9 تشكل إيثر الفينيل عند حلقة الفوران الطرفية فيتركيبها و هو غير موجود في AFB 2 و AFG 2 يتطلب تحلل AFB 2 و الأفلاتوكسين (AFG 2) G2 تعرضًا أطول للأكسجين حتى يتم فتح حلقة اللاكتون بواسطة معالجة O 3. بصورة عامة AFB 1 هو الأكثر ضررًا من بين الأفلاتوكسينات الأربعة 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 (Xu et al., 2021).

الية لإضافة الأوزون إلى الأفلاتوكسين B1 و B2 والترايكوثسين

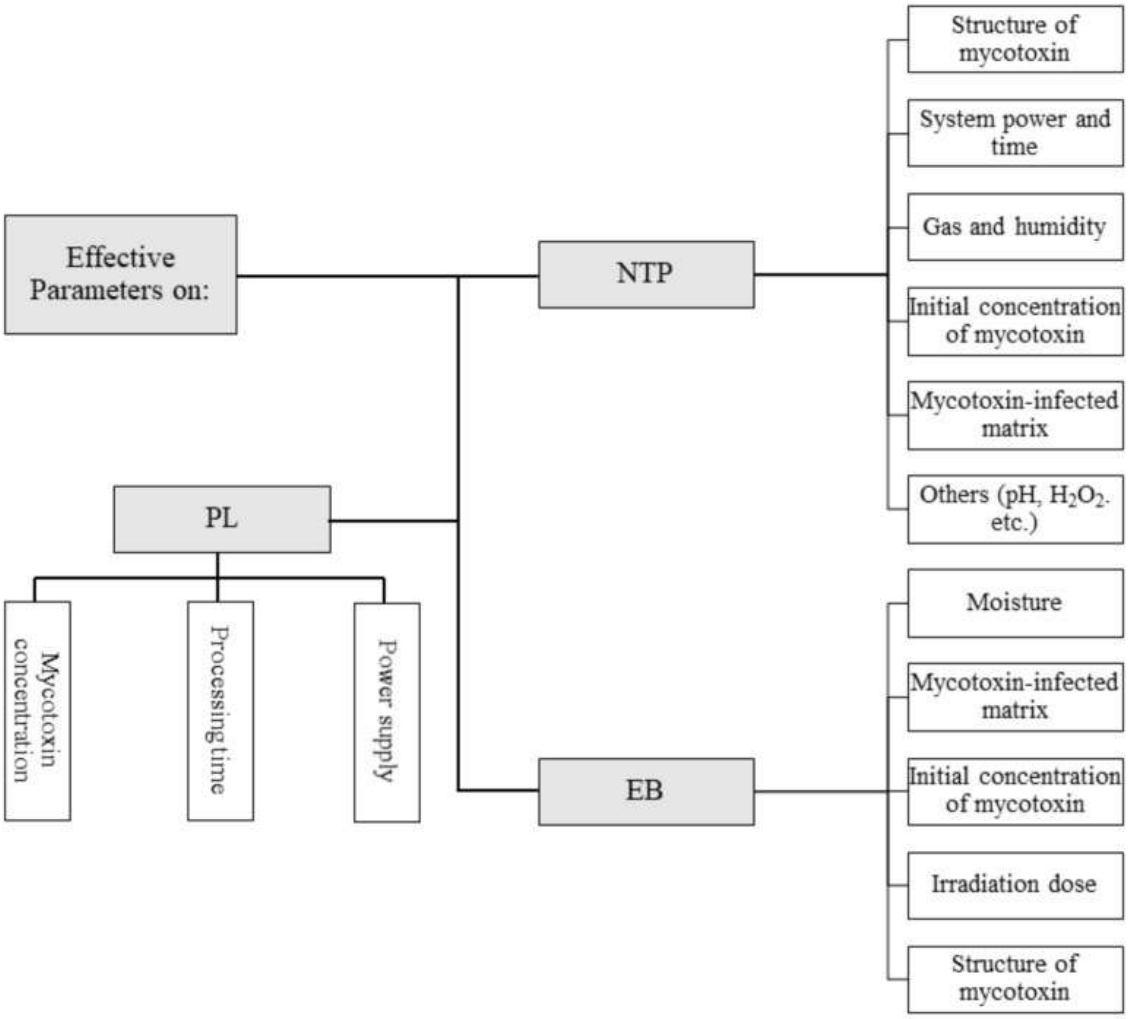
أثبتت الدراسات أن تحلل ترايكوتيسينات بدأ بارتباط O3 باواصر المزدوجة 9,10 مع إضافة لذرتين من O2 مع ترك باقي الجزيء دون تغيير كما أثبت McKenzie et.al (McKenzie et al., 1997) فعالية O3 في تحطيم و ازالة السموم الأوكراتوكسينات. على الرغم من وجود الكثير من الدراسات التي تثبت فاعلية الأوزون في تحلل أو تقليل 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

سميت هذه التقنية بتقنية درجة الحرارة المنخفضة non-thermal plasma (NTP) و يرمز مصطلح بلازما الى الغاز المتأين كليا" او 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 (Ben Amara et al., 2022) .



شكل 2: يوضح كيفية عمل الطرق الفيزيائية في تحطيم السموم

3. 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.

4. REFERENCES

Ben Amara, A., Mehrez, A., Ragoubi, C., Romero-González, R., Garrido Frenich, A., Landoulsi, A., & Maatouk, I. (2022). Fungal mycotoxins reduction by gamma irradiation in naturally contaminated sorghum. *Journal of Food Processing and Preservation*, *46*(3). https://doi.org/10.1111/jfpp.16345

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 Science*, *166*(6), 1389–1415. https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2004.02.004

Ehrlich, K. C., Kobbeman, K., Montalbano, B. G., & Cotty, P. J. (2007). Aflatoxin-producing Aspergillus species from Thailand. International Journal of Food Microbiology, 114(2), 153–159. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2006.08.007

Fandohan, P., Gnonlonfin, B., Hell, K., Marasas, W. F. O., & Wingfield, M. J. (2005). Natural occurrence of Fusarium

and subsequent fumonisin contamination in preharvest and stored maize in Benin, West Africa. *International Journal of Food Microbiology*, *99*(2), 173–183. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.08.012

Fog Nielsen, K. (2003). Mycotoxin production by indoor molds. *Fungal Genetics and Biology*, *39*(2), 103–117. https://doi.org/10.1016/s1087-1845(03)00026-4

Gavahian, M., & Cullen, P. J. (2020). Cold Plasma as an Emerging Technique for Mycotoxin-Free Food: Efficacy, Mechanisms, and Trends. *Food Reviews International*, *36*(2), 193–214. https://doi.org/10.1080/87559129.2019.1630638

Hammond,B., Campbell,K., Pilcher,C.,Robinson,A., Melcion,D., Cahagnier,B., Richard,J., Sequeira,J., Cea,J., Tatli,F. (2003). Reduction fumonisin mycotoxins in Bt corn . *Toxicologist*. 72:12-17.

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.Nurt.*4(3):162-169. https://doi.org/10.3923/pjn.2005.162.169.

Luo, Y., Liu, X., & Li, J. (2018). Updating techniques on controlling mycotoxins - A review. *Food Control*, *89*, 123–132. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.01.016

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., & Phillips, T. D. (1997). Oxidative degradation and detoxification of mycotoxins using a novel source of ozone. *Food and Chemical Toxicology*, *35*(8), 807–820. https://doi.org/10.1016/s0278-6915(97)00052-5

Medina, A., Akbar, A., Baazeem, A., Rodriguez, A., & Magan, N. (2017). Climate change, food security and mycotoxins: Do we know enough? *Fungal Biology Reviews*, *31*(3), 143–154. https://doi.org/10.1016/j.fbr.2017.04.002

Nazarizadeh, H., Mohammad Hosseini, S., & 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 B_1 and ochratoxin A contaminated diets. *Italian Journal of Animal Science*, *18*(1), 1073–1081. https://doi.org/10.1080/1828051x.2019.1615851

Peng, W.-X., Marchal, J. L. M., & van der Poel, A. F. B. (2018). Strategies to prevent and reduce mycotoxins for compound feed manufacturing. *Animal Feed Science and Technology*, *237*, 129–153. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.01.017

Rachaputi, N., Krosch, S., & Wright, G. C. (2002). Management practices to minimise pre-harvest aflatoxin contamination in Australian peanuts. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, *42*(5), 595. https://doi.org/10.1071/ea01139

Schaafsma, A. W., & Hooker, D. C. (2007). Climatic models to predict occurrence of Fusarium toxins in wheat and maize. *International Journal of Food Microbiology*, *119*(1–2), 116–125. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.08.006

Stasiewicz, M. J., Falade, T. D. O., Mutuma, M., Mutiga, S. K., Harvey, J. J. W., 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. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.02.038

van Dongen, P. W. J., & de Groot, A. N. J. A. (1995). History of ergot alkaloids from ergotism to ergometrine. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*, *60*(2), 109–116. https://doi.org/10.1016/0028-2243(95)02104-z

Wild, C. P., & Gong, Y. Y. (2010). Mycotoxins and human disease: a largely ignored global health issue. *Carcinogenesis*, *31*(1), 71–82. https://doi.org/10.1093/carcin/bgp264

Wu, F. (2006). Mycotoxin Reduction in Bt Corn: Potential Economic, Health, and Regulatory Impacts. *Transgenic Research*, *15*(3), 277–289. https://doi.org/10.1007/s11248-005-5237-1

Xu, H., Wang, L., Sun, J., Wang, L., Guo, H., Ye, Y., & Sun, X. (2021). Microbial detoxification of mycotoxins in food and feed. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *62*(18), 4951–4969. https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1879730

Yoon, M.-Y., Cha, B., & Kim, J.-C. (2013). Recent trends in studies on botanical fungicides in agriculture. *The Plant Pathology Journal*, *29*(1), 1–9. https://doi.org/10.5423/PPJ.RW.05.2012.0072