

## Applications for the Prevention and Detoxification of Mycotoxins in the Food and Feed Industry

Ayhan Filazi

Ankara University, Faculty of Veterinary Medicine,  
Department of Pharmacology and Toxicology, 06110, Diskapi/Ankara  
E-mail:afilazi@gmail.com

Burcu Avci (Corresponding Author)

Ankara University, Faculty of Veterinary Medicine,  
Department of Pharmacology and Toxicology, 06110, Diskapi/Ankara.  
E-mail:burcuvet@gmail.com

### Abstract

Mycotoxins which are secondary metabolites of fungi have been reported to be carcinogenic, genotoxic, teratogenic, nephrotoxic and hepatotoxic. Mycotoxins, which are found in all stages of food and feed industry, also cause economic losses. Therefore, research and development studies for the control of mycotoxins are being carried out quite widely. Methods for the control of mycotoxins in food and feedstuffs are carried out in two stages: prevention of contamination of mycotoxins and detoxification after contamination. Methods for preventing the formation of mycotoxins include management of environmental factors, good agricultural and production practices, and appropriate conservation practices. Detoxification methods of mycotoxins include physical, chemical and biological applications. Apart from these, there are innovative and environmentally friendly methods. This review aims to briefly explain all methods used in the control of mycotoxins and to make predictions for the future, considering that they will benefit the food industry and maximize consumer safety.

**Key words:** Food, Feed, Mycotoxin, Decontamination, Detoxification, Control

## Gıda ve Yem Endüstrisinde Mikotoksin Oluşumunun Engellenmesi ve Detoksifikasyonuna Yönelik Uygulamalar

### Özet

Mantarlarının sekonder metabolitleri olan mikotoksinlerin kanserojen, genotoksik, teratojenik, nefrotoksik ve hepatotoksik oldukları bildirilmiştir. Gıda ve yem sanayinin tüm aşamalarında rastlanan mikotoksinler ayrıca ekonomik kayıplara da neden olurlar. Bu nedenle mikotoksinlerin kontrolüne yönelik araştırma geliştirme çalışmaları oldukça yaygın bir şekilde sürdürülmektedir. Gıda ve yem hammaddelerinde mikotoksinlerin kontrolüne ilişkin yöntemler mikotoksinlerin bulaşmasının önlenmesi ve bulaşmadan sonra detoksifikasyonu olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilir. Mikotoksinlerin oluşumunu önlemeye yönelik yöntemler, çevresel faktörlerin yönetilmesi, iyi tarım ve üretim pratikleri ile uygun muhafaza uygulamalarını içerir. Mikotoksinlerin detoksifikasyon yöntemleri ise fiziksel, kimyasal ve biyolojik uygulamaları içermektedir. Bunların dışında gelişmekte olan yenilikçi ve çevre dostu olan yöntemler de bulunmaktadır. Bu makale, gıda endüstrisine yararlı olacağı ve tüketici güvenliğini en üst düzeye çıkaracağı düşüncesiyle mikotoksinlerin kontrolünde kullanılan tüm yöntemlerin kısaca açıklanması ve geleceğe yönelik öngörülerde bulunmak amacıyla yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Gıda, Yem, Mikotoksin, Dekontaminasyon, Detoksifikasyon, Kontrol

## 1.Giriş

Mikotoksinler, başlıca Fusarium, Aspergillus ve Penicillium'a ait mantarlar (küfler) tarafından üretilen sekonder metabolitlerdir. Günümüzde, 100'den fazla mantar tarafından üretilen ve zehirlilik potansiyeli taşıyan 300'den fazla mikotoksinin varlığından söz edilmektedir. Bunlardan çoğunun identifiye edildiği ve bazılarının oldukça zehirli veya kanserojen olduğu ve memelilerde akut veya kronik zehirlenmelere yol açabileceği gösterilmiştir (Jarda ve ark, 2011). Bununla beraber yem ve gıdalarda en sık rastlanan mikotoksinlerin aflatoksinler, okratoksinler, patulin, fumonisinler, trikotesenler (deoksinivalenol-DON, T-2 toksin ve HT-2) ve zearalenon olduğu bildirilmiştir (Filazi ve Şireli, 2013; Filazi ve ark, 2017; Ji ve ark, 2016; Luo ve ark, 2018).

Tarımsal ürünlerin mikotoksinlerle kontamine olması tüm dünyada karşılaşılan en önemli sorunlardan biridir (Basalan ve ark, 2004). Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)'nün tahminlerine göre, dünyadaki tarımsal ürünlerin yaklaşık %25'i her yıl mikotoksinlerle kontamine olmakta ve bu da milyarlarca dolarlık ekonomik kayıplara yol açabilmektedir (FAO, 2002). Örneğin Amerika Birleşik Devletleri'nde, mikotoksinlerin hayvan yemlerini kontamine etmesi ve sadece hayvancılıkta meydana gelen kayıpların yıllık yaklaşık 243 milyon dolar olduğu bildirilmiştir (CAST, 2003).

Mikotoksinlerin gıda ve yem zincirine girdikten sonra uzaklaştırılmaları oldukça zordur. Gıda ve yemlerde büyüyen mikotoksinler, onların besin düzeyini düşürebilir (Kuzukıran ve ark, 2018). Mikotoksinlerle kontamine yemleri yiyen hayvanlarda ciddi sağlık sorunları ve ölüme kadar giden sonuçlara neden olmaktadır (Becer ve Filazi, 2010). İnsanlar genellikle, mikotoksinlerle kirlenmiş gıda ürünlerini (meyve, mısır, tahıllar vb.) doğrudan veya kontamine yemle beslenen hayvanlardan elde edilen gıdaları dolaylı olarak tüketerek mikotoksinlere maruz kalabilirler. Bazı tahminlere göre gelişmekte olan ülkelerde yaklaşık 4,5 milyar insanın kronik olarak yüksek dozda mikotoksinlere maruz kaldığı iddia edilmektedir (Williams ve ark. 2004).

Mikotoksinlerin yukarıda kısaca belirtilen olumsuz etkileri nedeniyle, bunların gıda ve yemlerdeki kontrolünü sağlamaya yönelik çok sayıda araştırma yapılmaktadır. Bu makalede daha çok mikotoksinlerle kontamine gıda ve yemlerin dekontaminasyonu ve detoksifikasyonu için kullanılan yöntemlerden bahsedilecektir. Sistematik bir değerlendirme yapmak için mikotoksinlerin kontrolünde kullanılan yöntemler mantar üremesini ve mikotoksin üretimini önlemek için kullanılanlar ve mikotoksinle kirlenmiş hammaddelerin detoksifikasyonunda kullanılanlar olmak üzere 2 sınıfa ayrılmıştır. Mikotoksinlerin kontrolüne ilişkin yöntemlerin değerlendirildiği benzer bazı makaleler olduğundan burada daha çok mikotoksinlerin hem tarlada önlenmesi hem de hammaddelerin işlenmesi sırasında uygulanan en son geliştirilmiş yöntemler özetlenmiş, ayrıca mikotoksinlerin detoksifikasyonu ve uzaklaştırılmasına ilişkin yeni bakış açılarına yer verilerek yenilikçi kontrol yöntemlerinin geliştirilmesini teşvik etmek amaçlanmıştır.

## 2. Mikotoksin oluşumunun önlenmesine yönelik uygulamalar

Mikotoksin üreten mantarlar hem tarlada hem de depolama aşamalarında tarımsal ürünleri kontamine edebilirler. Tarla şartlarında en çok Fusarium ve Penicillium türlerine ait mantarlara rastlandığı, en baskın depo mantarlarının ise Penicillium ve Aspergillus türleri olduğu bildirilmiştir. Fusarium türlerinin başlıca fumonisinler, DON ve zearalenon, Penicillium türlerinin okratoksinler, patulin ve sitrinin, Aspergillus türlerinin ise aflatoksinler, patulin ve sitrinin'i ürettiği gösterilmiştir (Pitt, 2000).

Mantarların büyümesi ve mikotoksin salgılaması, genellikle ürünün bulunduğu çevresel faktörlere, uygulanan tarım tekniklerine ve depolama koşullarına bağlıdır. Çevresel faktörler olarak ortamın sıcaklığı ve nemi ile ürünün içeriği ve nemi en önemli faktörler olarak sayılabilir. Genellikle ılıman ve subtropik iklimde sahip bölgelerdeki tarımsal ürünlerin kolaylıkla mikotoksinlere maruz kalabildiği, tropik bölgelerdeki iklim koşullarının ise mantar büyümesi ve mikotoksin üretimi için uygun olmadığı ifade edilmektedir (Bhat ve ark, 2010) .

İyi tarım ve üretim uygulamalarının, mikotoksin üreten mantarların büyümesini ve mikotoksin üretimini önleyen etkili yöntemler olduğu belirtilmiştir. Gelişmiş ülkelerde yaşayan insanların modern tarım ve üretim teknikleri ile yasal mevzuatın sıkı bir şekilde uygulanması nedeniyle, gelişmemiş veya gelişmekte olan ülkelerdeki insanlardan daha az mikotoksinlere maruz kalacağı iddia edilmektedir (Jarda ve ark, 2011). Burada uygulanan en etkili yöntemin sağlıklı ürünlerin üretimi için gerekli olan hijyen koşullarının belirlenmesi ve uygulanması, üretim ve dağıtım noktalarında tüketici açısından sağlık riski oluşturabilecek nedenlerin belirlenmesi ve bu nedenlerin ortadan kaldırılması temeline dayanan Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları (HACCP) sisteminin kurulması olduğu ifade edilmektedir. HACCP sistemi, deponun izlenmesi, otomatik tasnif, ayırma ve temizlik prosedürleri gibi tarla yönetiminin tüm

aşamalarında mikotoksinin önlenmesi, kontrolü ve iyi üretim uygulamaları için yöntemleri içermektedir (Stove, 2013). İyi tarım pratiğine uyulmadan yapılan gecikmiş hasat, karışık ve sürekli ekimin, mikotoksin kontaminasyonu riskini artırdığı ifade edilmiştir (Atukwase ve ark, 2009). Bu kapsamda özellikle Fusarium kontaminasyonundan kaçınmak için ürünlerin rotasyonla ekilmesi ve konakçı olmayan bitkilerin kullanılması Kodeks Alimentarius tarafından da önerilmektedir (Codex, 2002).

Ürünlerin muhafaza edildiği depoların sıcaklığı ve nem seviyesi ile ürünün nem içeriğinin optimal koşullarda tutulması mantarların büyümesini azaltmakta ve mikotoksin üretimini engellemektedir (Peraica ve ark, 2002). Örneğin mısır bitkisinin hasat edildikten sonra kurutularak nem içeriğinin %15.5 veya daha düşük seviyelere düşürülmesiyle Aspergillus'un büyümesi ve aflatoksin sentezinin azaldığı gösterilmiştir (Hamilton, 2000). Aynı şekilde %6,6 düzeyinde neme sahip yerfistikleri 6 ay boyunca uygun bir depoda herhangi bir mantar kontaminasyonuna maruz kalmadan muhafaza edilebilmiştir (Awuah ve Ellis, 2002). Bununla beraber depo ortamındaki nemin %17-20 dolayında tutulması, Fusarium sporlarının etkinliğinde ve sonuçta hammaddelerdeki DON konsantrasyonlarında artışa neden olmaktadır (Birzele ve ark, 2000). Depo ortamındaki oksijen konsantrasyonunun %5'ten %1'e düşürülmesinin de Aspergillus'un büyümesi ve aflatoksin sentezini önlediği bildirilmiştir (Magan ve Aldred, 2007).

Muhafaza sırasında depoda mevcut bakteriler ve diğer organizmalar gibi biyotik faktörlerin mikotoksin oluşumuna katkı koyabilecekleri bilinmektedir. Bu organizmaların elimine edilmesi, muhafazanın daha uzun olmasını sağlayabilir. Böcekler, depolama ortamının biyo-dinamiğini bozan biyotik faktörlerin en yaygın örnekleridir. Mikroorganizmalardan farklı olarak, böcekler daha geniş bir sıcaklık ve nem aralığında yaşayabilirler. Böceklerin aktiviteleri, tahıl yığınlarının içinde "sıcak noktalar" olarak adlandırılan ısı ve sıvı oluşumuna neden olmakta ve bunların da mantarın büyümesi için uygun bir ortam sağlayabileceği ifade edilmektedir. Bu nedenle özellikle böcekler ve benzer biyotik faktörleri depo ortamından uzak tutmanın gıda ve yem hijyeni ve güvenliği için gerekli bir yöntem olduğu bildirilmiştir (Penga ve ark, 2018).

Yukarıda kısaca özetlenen yöntemlerin çoğu mantar gelişimi ve mikotoksin oluşumunu önlemek için uygulanabilir. Bununla birlikte, mikotoksin kontaminasyonu meydana geldiğinde, detoksifikasyon prosedürleri uygulanmalıdır.

### **3. Mikotoksinlerin detoksifikasyonuna yönelik uygulamalar**

#### *3.1. Fiziksel yöntemler*

Fiziksel yöntemlerin en klasik örneği mikotoksinlerle kontamine olmuş hammaddelerin, temiz hammaddelerle mikotoksinin yasal sınır değerine gelene kadar seyreltilerek kullanılmasıdır. Bununla birlikte, bu uygulamanın her zaman bir "sıcak nokta" içermesi nedeniyle tüketicinin sağlığını tehdit edebileceği tespit edilmiştir. Diğer bir yöntem ise kontamine hammaddelerin, ruminantlar gibi mikotoksinlere dirençli olduğu düşünülen hayvanlara yedirilmesidir. Ancak son yıllarda bu hayvanların da beklenildiği gibi mikotoksinlere fazla dirençli olmadığı ve onlara da tehlikeli olabileceği, ayrıca et ve süt gibi ürünlerine geçerek insanlara dolaylı olarak tehlikeli olabileceği tespit edilmiştir (Gundinc ve Filazi, 2009; Filazi ve ark, 2010). Bu nedenle bu iki yöntem de Avrupa Birliği'nde yasaklanmıştır (EC, 2006).

Günümüzde kullanılan hızlı kurutma, ayıklama ve ayırma, yüzdürme ve yıkama, ultraviyole uygulaması ile ışınlama ve adsorpsiyon gibi fiziksel yöntemlerin hasat sonrasında mikotoksinleri azaltmayı amaçlayan işlemler oldukları görülmektedir. Hızlı kurutmanın (38-82°C, 6-48 saat), tüm kahve çekirdeklerinin su içeriğini %20'den daha aza düşürerek mantarın büyümesini engellediği ve böylece mikotoksin düzeylerini dolaylı olarak düşürdüğü bildirilmiştir (Miljkovic ve ark., 2010).

Çürük ve kalitesiz meyvelerin ayıklanması ve uzaklaştırılması veya meyvelerin çürük kısımlarının kırılması, meyve ürünlerindeki patulin seviyelerini önemli ölçüde azaltabilir. Böyle bir işlemle bazen patulin seviyelerini %99'a varan oranlarda düşürmenin mümkün olduğu bildirilmiştir (Beretta ve ark, 2000). Ayrıca küflenmiş mısırın ayıklanması ve uzaklaştırılması da genellikle fumonisin ve aflatoksin kontaminasyonunu azaltabilmektedir (Broggi ve ark., 2002).

Mikotoksinle kontamine taneli yemleri, suya batırmanın ve yüzen kısımlarını uzaklaştırmanın genellikle aflatoksinlerin bir kısmını giderebileceği ve bu yüzdürme tekniğinin, özel bir aparatla uygulanması durumunda aflatoksinleri %80'e kadar ortadan kaldıracak şekilde bildirilmiştir (Bethke ve ark, 2014). Aynı şekilde tanelerin yıkanması ve ovalama işlemlerinin okratoksinlerin kontaminasyonunu önemli ölçüde azaltabileceği gösterilmiştir (Luo ve ark, 2018).

Orta ve uzun dalga ultraviyole A (UVA) ve ultraviyole B (UVB) kullanılarak yapılan ışınlama işleminde, uygulanan radyoaktif enerji özellikle katı hammaddelerde mantarların gelişimini engellemekte ve aflatoksinler, T-2 toksin ve DON'u önemli oranda dekontamine etmektedir (Peraica ve ark., 2002). Bu yöntemin gıda maddelerinin organoleptik özelliklerinde herhangi bir olumsuzluğa neden olmadığı, doğal ve taze halde tuttuğu ve pazar değerini artırdığı iddia edilmiştir (Newman, 2009). Örneğin 10 kGy dozundaki gamma-ışını uygulaması ile fıstık unundaki aflatoksin B1'in tamamen dekontamine olduğu, soya fasulyesi tohumlarındakinin ise önemli ölçüde azaltıldığı gösterilmiştir (Bhat ve ark, 2007). 60 dk boyunca uygulanan UV ışının kanatlı yemlerinde bulunan 500 mg/kg okratoksin A (OTA)'yı 100 mg/kg'a düşürdüğü, aynı sonucun alınabilmesi içinse yemlerin 8 saat boyunca doğal güneş ışığı altında tutulması gerektiği belirtilmektedir (Gul Ameer ve ark, 2016). Bununla birlikte, ışınlanan gıdalar mevzuat uyarınca etiketlenmeli ve izlenmelidir.

Mikotoksinlerin fiziksel olarak uzaklaştırılması için adsorbanların da yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. Gıda ve yemlerdeki mikotoksinleri *in vitro* olarak bağlama çalışmalarında, adsorbanın etkinliğinin, esas olarak adsorban ve mikotoksinin fizikokimyasal özelliklerine ve ortamın pH'sına bağlı olduğu ve matriksin varlığından büyük ölçüde etkilenebileceği ifade edilmektedir (Vekiru ve ark, 2007). Yem veya gıdanın nem içeriği ve oksijenin varlığı gibi diğer faktörler de adsorbanın etkinliği değiştirebilmektedir (Paulick ve ark, 2015). Genel adsorban olarak aktif kömürün, geniş bir yüzey alanına sahip olduğu ve sulu ortamlarda oldukça etkili bir adsorpsiyon kapasitesine sahip olduğu bildirilmiştir. Gözenekli yapısı nedeniyle yem ve gıdalardan aflatoksinler, patulin, zearalenon, DON ve nivalenolü önemli oranlarda uzaklaştırabileceği gösterilmiştir. (Avantaggiato ve ark, 2003, 2004). Bentonit'in ise sulu ortamlarda aflatoksin B1'e bağlanabileceği ve böyle bir uygulamayla özellikle sütteki aflatoksin M1'in %79'unu uzaklaştırdığı bildirilmiştir (Magnoli ve ark, 2011).

### 3.2. Kimyasal yöntemler

Alkaliler, yükseltgeyici maddeler, organik asitler, aldehitler ve bisüfitler gibi diğer birçok maddenin mikotoksinlerin kontrolü ve detoksifikasyonunda kullanıldığı görülmektedir. Taneli ürünlerin amonyak gibi alkali maddelerle muamele edilmesi, hem bazı mikotoksinleri (aflatoksinler, fumonisinler ve OTA) degrade etmekte hem de mantar büyümesini inhibe etmektedir (Peraica ve ark., 2002). Bununla birlikte Türkiye ve Avrupa Birliği ülkelerinde insan gıdaları için bu ürünün kullanımına izin verilmemektedir. Son yıllarda yeni geliştirilen ve mikotoksinleri etkili bir şekilde detoksifiye edebilen gliserol ve kalsiyum hidroksit karışımının kullanıldığı görülmektedir. Bu karışımda mikotoksinleri bağlama kapasitesine sahip gliserol'un etkisinin hidroksil iyonlarıyla güçlendirilerek daha güçlü bir detoksifikasyon etkinliği kazanması sağlanmış, ayrıca kalsiyum hidroksitin yüksek çözünürlüğüyle aynı düzeyde mikotoksini bağlamak için gereken gliserol dozunu azalttığı ileri sürülmüştür (Venter, 2014). Bunun dışında %2 oranında sodyum bikarbonat ve potasyum karbonat karışımıyla hazırlanan bir çözeltinin Hindistan cevizi kabuklarındaki OTA'yı önemli bir şekilde azalttığı bildirilmiştir (Amezqueta ve ark, 2008).

Kimyasal yöntemlerden ozon'un etkili bir detoksifikasyon yöntemi olarak gıdalarda kullanıldığı görülmektedir. Gıdaların yeterli süre ve dozda ozona maruz bırakılması durumunda patulin, aflatoksinler, zearalenon, DON konsantrasyonu ve toplam mantar sayısında önemli bir şekilde azalmaya neden olacağı bildirilmiştir ( Trombete ve ark., 2017; Kamber ve ark, 2017). Yine yüksek molekül ağırlıklı jelatinler ile amorf silika veya polivinil polipirrolidon (PVPP) bazlı kompleks bir bileşiğin normal dozajlarda kullanıldığında polifenol konsantrasyonu ve renginde hafif bir etkiye neden olarak şarap yapımı sırasında OTA kontaminasyonunu %40'a kadar azaltabileceği gösterilmiştir (Quintela ve ark, 2012).

### 3.3. Biyolojik yöntemler

Mantarların büyümesi ve mikotoksin kontaminasyonunu önlemek için kullanılan biyolojik yöntemlerin geliştirilmesinin oldukça pahalı olduğu, biyogüvenlik riskleri ve sınırlı bağlama kapasiteleri nedeniyle sayıca az olduğu belirtilmektedir. Yapılan araştırmalarda çok çeşitli bakteri, maya ve mantarların mikotoksinleri biyolojik olarak degrade edebileceği gösterilmiştir. Laktik asit bakterilerinin aflatoksinler, DON, OTA ile zearalenon ve metaboliti olan  $\alpha$ -zearalenol gibi birçok mikotoksini fiziksel olarak bağlamak suretiyle adsorbe ettiği bildirilmiştir. Çalışmalarda *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* ve *Lactococcus* suşlarının AFB1'i %5,6 ile %59,7'ye kadar adsorbe ettiği gösterilmiştir (Peltonen ve ark, 2001; El-Nezami ve ark, 2004; Bueno ve ark, 2006; Fazeli ve ark., 2009; Hernandez-Mendoza ve ark, 2011). Yapılan bir çalışmada laktik asit bakterilerinin patulini etkili bir şekilde bağlamak için en iyi koşulun 37°C'de 24 saat inkübasyon olduğu ve böylece ısıyla işlem görmüş canlı olmayan hücrelerin daha yüksek bir adsorpsiyon etkinliği olduğu gösterilmiştir (Hateb ve ark, 2012). Ayrıca patulin

adsorpsiyonu için en uygun laktik asit bakterisinin *Lactobacillus plantarum* olduğu belirtilmiştir (Fuchs ve ark., 2008). Diğer bir çalışmada ise şarapta bulunan laktik asit bakterilerinin OTA'yı %8 ile %28 oranlarında adsorbe edebildiği bildirilmiştir (Del Prete ve ark, 2007). *In vitro* olarak yapılan bir çalışmada ise test edilen 29 laktik asit bakterisinin çoğunun hem fumonisin B1 hem de B2'yi etkili bir şekilde uzaklaştırdığını ve bakteriler ile mikotoksinler arasındaki etkileşimin hücre duvarının peptidoglikan yapısından etkilendiğini göstermişlerdir (Niderkorn ve ark, 2009). Balık bağırsağından izole edilen *Bacillus subtilis* ANSB060'nun, aflatoksinleri güçlü bir şekilde detoksifiye edebildiği ve AFB1, AFM1 ve AFG1'i sırasıyla %81.5, %60 ve %80.7 oranında degrade edebildiği ve ayrıca bu bakterinin *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* ve *Staphylococcus aureus*'a karşı antibakteriyel etkinlik gösterdiği bildirilmiştir (Gao ve ark, 2011), *B.subtilis* ANSB060'nun bu etkisi, aflatoksinlerle kontamine edilen yemlerle beslenen yumurta tavuğu ve broylerlerde yapılan çalışmalarla doğrulanmıştır (Ma ve ark., 2012; Fan ve ark. 2013, 2015).

Fermente soya fasulyesinden izole edilen *Bacillus licheniformis*'in OTA'yı 37°C'de 48 saatlik bir inkubasyonla % 92.5'lik oranında dekontamine ettiği gösterilmiştir (Petchkongkaew ve ark, 2008). Aynı şekilde topraktan izole edilen *B. licheniformis* DSM 025954, 36 ve 48 saatlik inkubasyondan sonra zearalenonu sırasıyla %98.1 ve %100 oranında detoksifiye edilmektedir (Liu ve Yi, 2013). DON ile kontamine domuz yemlerinde *B. licheniformis* NRRL B-50504 ve B-50506 ile *B. subtilis* NRRL B-50505 ve B-50507 bakterilerinin, 37°C'de 48 saat inkubasyon sonunda DON'u %46-%100 oranında degrade ettiği gösterilmiştir (Davis ve ark, 2013). Aynı şekilde *B. natto* ve *B. subtilis* suşlarının zearalenonu sıvı ortamdan %75 oranında uzaklaştırabileceği bildirilmiştir. Diğer bir çalışmada ise zearalenonun %99'unun *B. subtilis* suşu tarafından degrade edildiği kaydedilmiştir (Tinyiro ve ark, 2011). *Brevibacterium* türü bakterilerin ise OTA'yı amid bağımlı hidrolize etmek suretiyle degrade edebildiği gösterilmiştir (Rodriguez ve ark., 2011).

Bazı mayaların mantar üretmesi ve mikotoksin biyosentezine yönelik yararlı etkileri araştırılmış ve *Saccharomyces cerevisiae*'nin meyve sularına katıldığında 2 haftalık fermentasyonu takiben patulin oranını etkili bir şekilde düşürebileceği gösterilmiştir (Moss ve Long, 2002). *S. cerevisiae*'nin AFB1 adsorpsiyonu için en etkili mikroorganizma olduğu (Bueno ve ark. 2006; Luo ve ark, 2016), ayrıca, zearalenonun ve fumonisin B1'in bağlanması için de kullanılabilirliği bildirilmiştir (Yiannikouris ve ark, 2004; Armando ve ark, 2013). *Kloeckera* spp., *Pichia* spp., *Schizosaccharomyces* spp., ve *Rhodotorula* spp., gibi bazı diğer maya türlerinin de ayrıca OTA ve patulini adsorbe edebilme yeteneğine sahip olduğu bildirilmiştir (Var ve ark, 2009; Luo ve ark. 2015). *Pichia caribbica*'nın 15 günlük inkubasyonu ile hasat sonrasında meyvelerde üreyen *Penicillium expansum*'un patulin sentezinin azaltılabileceği gösterilmiştir (Cao ve ark, 2013).

Biyolojik kontrolün sadece bakteri ve mayalarla sınırlı olmadığı, aynı zamanda bazı mantarların da bazı mikotoksinleri detoksifiye edebileceği bildirilmiştir. Kitinaz ve  $\beta$ -1,3-glukanaz gibi litik enzimleri salgılayabilen *Clonostachys rosea* isimli mantarın zearalenon ile kontamine tahıllarda etkili bir biyo-kontrol maddesi olarak kullanılabilirliği ifade edilmiştir (Gromadzka ve ark, 2009). *Trichosporon mycotoxinivorans* ile hazırlanan ve hayvan yemlerine katılmak üzere geliştirilen ticari bir ürünün mineral bileşik içeren bir ortamda 400 ppb OTA'yı 2.5 saatlik bir inkubasyondan sonra etkili bir biçimde degrade ettiği gösterilmiştir (Molnar ve ark, 2004). Bu mantarın ayrıca zearalenonun detoksifikasyonunda da etkili olabileceği ileri sürülmüştür (Vekiru ve ark., 2010). *Pichia anomala*'nın (maya benzeri mantar) fermentasyon sırasında 2-feniletanol ürettiği, bu bileşiğin *Aspergillus flavus*'un gen ekspresyonunu değiştirerek üretmesini ve böylece AFB1'in sentezini engellediği bildirilmiştir (Hua ve ark, 2014). Buğday, arpa, yulaf ve fındık gibi tarımsal ürünlerin yapraklarında yaygın olarak üreyen saprofit bir mantar olan ve armut, üzüm, domates gibi ürünlerde veya meyve sularında bozulmanın göstergesi olarak bilinen *Aureobasidium pullulans*'ın ise şaraplarda kullanılan üzümelerde OTA birikimini önleyebileceği ileri sürülmüştür (De Felice ve ark, 2008).

#### 4. Yem ve gıdalarda bulunan mikotoksinlerin azaltılmasında yenilikçi yöntemler

##### 4.1. Doğal esansiyel yağlar

Mikotoksinlerin azaltılmasına yönelik yukarıda belirtilen bileşiklerle karşılaştırıldıklarında, doğal esansiyel yağların verimliliğinin yüksek ve çevre dostu olmaları nedeniyle oldukça avantajlı olabilecekleri öngörülmektedir. Zerdeçal (*Curcuma longa*) bitkisinden elde edilen esansiyel yağların antifungal etkiyle mısırdaki *A. flavus*'un ve *Fusarium graminearum*'un üretmesini engellediği ve böylece aflatoksinlerin ve zearalenon'un sentezlenmesini önlediği gösterilmiştir (Hu ve ark, 2017; Kumar ve ark., 2016). Nane'den (*Mentha spicata*) elde edilen esansiyel yağların 12 ay süreyle muhafaza edilen

nohutlarda *A. flavus*'un üremesini engellediği bildirilmiştir (Kedia ve ark, 2016). Ayrıca, limon ve greylift gibi turuçgillerin (*Citrus spp*), okalıptüs (*Eucalyptus globulus*) ve palmarosa (*Cymbopogon martinii*) gibi bazı esansiyel yağların zearelenon toksinlerinin düzeyini düşürebileceği ileri sürülmüştür (Perczak ve ark, 2016). Bunun dışında OTA üretimini, sarımsak ve yabancı kekikten elde edilen esansiyel yağlarla tamamen önlenilebileceği ve adaçayı ve nane esansiyel yağlarıyla önemli ölçüde azaltılabileceği gösterilmiştir (Ozcakmak ve ark, 2017).

#### 4.2. Polifenoller ve flavonoid bileşikler

Fasulyelerden izole edilen klorojenik ve gallik asitler gibi fenolik bileşiklerin AFB1'in sentezini engelleyebileceği gösterilmiştir (Telles ve ark, 2017), Diğer polifenollerden kuersetin ve umbelliferon'un ise patulin'in sentezini baskılayabileceği bildirilmiştir (Sanzani ve ark, 2009). Narenciye endüstrisinin yan ürünlerinden elde edilen neohesperidin, hesperidin, naringin ve hesperetin glikoziti gibi flavonların ise patulin sentezini %95 oranında azaltılabileceği iddia edilmiştir (Salas ve ark, 2012).

#### 4.3. Manyetik materyaller ve nanopartiküller

Bazı çalışmalar, mikotoksinlerin manyetik materyallerle uzaklaştırılmasının daha etkili olduğunu ve bunların gıda endüstrisinde gelecek vaat eden adsorbanlar olduğunu ileri sürmüştür. Örneğin toprakta magnetitin havayla temasından ya da demir oksitlerin ısıtılmasıyla meydana gelebilen yüzeyde aktif maghemit'ten ( $\gamma$ -demir-III-oksit) elde edilen nanopartiküllerin sitrininin bağlanmasında oldukça etkili oldukları bildirilmiştir (Magro ve ark, 2016). Mısır atıklarından hazırlanan manyetik karbon nanokompozitlerinin pH'nın 7 olduğu bir ortamda 180 dk'da AFB1'i %90 oranında uzaklaştırdığı ve böylece tavuk yemlerinde aflatoksinlerin detoksifikasyonunda kullanılabileceği iddia edilmiştir (Zahoor ve Khan, 2016). Nanosellüloz yapıdaki retinoik asitin ise çeşitli gıdalarda bulunan AFB1'i etkili bir şekilde adsorbe edebileceği gösterilmiş, ancak adsorpsiyonun ortamın pH'sı ve konsantrasyonla ilişkili olduğu bildirilmiştir (Jebali ve ark, 2015). Kitosanla kaplı demir oksit ( $Fe_3O_4$ ) partiküllerinin meyve sularındaki patulini oldukça etkili bir şekilde adsorbe edebileceği ve farelere uygulandığında herhangi bir toksik yanıtı neden olmadığı bildirilmiştir (Luo ve ark, 2017). Bu veriler, manyetik partiküllerin meyve suyu endüstrisinde patulin adsorpsiyonu için güvenli bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. Ayrıca bir kitosan-glutaraldehit kompleksinin de birçok mikotoksinin bağlanması için etkili bir adsorban materyali olarak uygulanabileceği iddia edilmektedir (Zhao ve ark., 2015).

### 5.Sonuç

Gıda zincirinde mikotoksinlerin oluşumu, tüm dünyanın karşı karşıya olduğu endişe verici kaçınılmaz bir sorundur. Bu makalede mikotoksin oluşumunu engelleyebilecek ve detoksifiye edebilecek çok sayıda yöntem üzerinde durulmuştur. Mikotoksin oluşumunun azaltılması için en iyi yöntemlerin çevre koşullarının yönetilmesi, iyi tarım ve üretim pratiklerinin uygulanması ve uygun muhafaza koşullarının sağlanması olduğu görülmektedir. Detoksifikasyon işlemleri içinse fiziksel (kurutma, ayırma, yıkama, ışınlama gibi), kimyasal (bazlar, oksitleyici maddeler, organik asitler gibi), biyolojik (bakteriler, mayalar ve mantarlar gibi) detoksifikasyon yöntemleri ve diğer yenilikçi yaklaşımlar önerilmiştir. Bu yöntemlerin her biri pratik ve etkili olmaktadır. Bununla beraber çevre dostu ve etkili yöntemlerin giderek daha fazla talep görmesi eğilimi, araştırmaların bu yöne doğru kaydığını göstermektedir. Bu eğilim göz önüne alındığında, gelecekteki mikotoksin kontrollerinin büyük olasılıkla tek bir işlemle değil, iyi üretim uygulamaları, uygun kalite güvence programları ve üretim süreci boyunca çevre dostu ve biyogüvenilir detoksifikasyon işlemlerinin biraraya getirilmesiyle uygulanacağı sonucuna varılmıştır.

### Kaynaklar

Amezqueta, S., Gonzalez-Penas, E., Lizarraga, T., Murillo-Arbizu, M., Lopez De Cerain, A. (2008). A simple chemical method reduces OTA in contaminated cocoa shells. *Journal of Food Protection*, 71, 1422-1426.

Armando, M.R., Galvagno, M.A., Dogi, C.A., Cerrutti, P., Dalcerro, A.M., Cavaglieri, L. R. (2013). Statistical optimization of culture conditions for biomass production of probiotic gut-borne *Saccharomyces cerevisiae* strain able to reduce fumonisin B1. *Journal of Applied Microbiology*, 114, 1338-1346.

- Atukwase, A., Kaaya, A.N., Muyanja, C. (2009). Factors associated with fumonisin contamination of maize in Uganda. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89, 2393-2398.
- Avantaggiato, G., Havenaar, R., Visconti, A. (2003). Assessing the zearalenone binding activity of adsorbent materials during passage through a dynamic in vitro gastrointestinal model. *Food and Chemical Toxicology*, 41(10), 1283-1290.
- Avantaggiato, G., Havenaar, R., & Visconti, A. (2004). Evaluation of the intestinal absorption of deoxynivalenol and nivalenol by an in vitro gastrointestinal model, and the binding efficacy of activated carbon and other adsorbent materials. *Food and Chemical Toxicology*, 42(5), 817-824.
- Awuah, R.T., Ellis, W.O. (2002). Effects of some groundnut packaging methods and protection with *Ocimum* and *Syzygium* powders on kernel infection by fungi. *Mycopathologia*, 154, 26-29.
- Basalan, M., Hismiogullari, S.E., Hismiogullari, A.A., Filazi, A. (2004). Fungi and aflatoxin B1 in horse and dog feeds in Western Turkey. *Revue Medecine Veterinaire*, 156, 248-252.
- Bhat, R., Rai, R.V., Karim, A.A. (2010). Mycotoxins in food and feed: Present status and future concerns. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9, 57-81.
- Bhat, R., Sridhar, K. R., & Velmourougane, K. (2007). Microbial quality evaluation of velvet bean seeds (*Mucuna pruriens* L. DC.) exposed to ionizing radiation. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 7, 29-40.
- Becer, U.K., Filazi, A. (2010). Aflatoxins, Nitrates And Nitrites Analysis In The Commercial Cat And Dog Foods. *Fresenius Environmental Bulletin*, 18 (11), 2523-2527.
- Bethke, N.W., Conard, C.A., Fosdick, L.E., Fox, E.J., Grunig, D., Kirkvold, S.W., et al. (2014). Method and apparatus for reducing aflatoxin-contaminated corn. US Patent Publication, No. 8919569 B2.
- Beretta, B., Gaiaschi, A., Galli, C. L., & Restani, P. (2000). Patulin in apple-based foods: Occurrence and safety evaluation. *Food Additives and Contaminants*, 17(5), 399-406.
- Birzele, B., Prange, A., KrÄmer, J., (2000). Deoxynivalenol and ochratoxin A in German wheat and changes of level in relation to storage parameters. *Food Additive and Contaminant*, 17, 1027–1035.
- Broggi, L.E., Resnik, S. L., Pacin, A. M., Gonzalez, H. H. L., Cano, G., Taglieri, D. (2002). Distribution of fumonisins in dry-milled corn fractions in Argentina. *Food Additives and Contaminants*, 19, 465-469.
- Bueno, D.J., Casale, C.H., Pizzolitto, R.P., Salano, M.A., Olivier, G. (2006). Physical adsorption of aflatoxin B1 by lactic acid bacteria and *Saccharomyces cerevisiae*: A theoretical model. *Journal of Food Protection*, 70, 2148-2154.
- Cao, J., Zhang, H., Yang, Q., Ren, R. (2013). Efficacy of *Pichiocaribbica* in controlling blue mold rot and patulin degradation in apples. *International Journal of Food Microbiology*, 162, 167-173.
- CAST (Council for Agricultural Science and Technology). (2003). Mycotoxins: Risks in plant, animal, and human system. In J. L. Richard, & G. A. Payne (Eds.), Council for agricultural science and technology task force report, No. 139. Iowa, USA: Ames.
- CODEX (Committee on Food Additives and Contaminants). (2002). Proposed draft code of practice for the reduction of patulin contamination in apple juice and apple juice ingredients in other beverages (pp. 1-7). Geneva, Switzerland: Joint FAO/WHO Food Standards Programme.

- Davis, M. E., Rehberger, J., Novak, K., Rehberger, T. G. (2013). Strains and methods useful for mycotoxins. US Patent Application Publication. No. 20130045185 A1.
- De Felice, D.V., Solfrizzo, M., De Curtis, F., Lima, G., Visconti, A., Castoria, R. (2008). Strains of *Aureobasidium pullulans* can lower OTA contamination in wine grapes. *Phytopathology*, 98, 1261-1270.
- Del Prete, V., Rodriguez, H., Carrascosa, A.V., de las Rivas, B., Garcia-Moruno, E., Munoz, R. (2007). In vitro removal of OTA by wine lactic acid bacteria. *Journal of Food Protection*, 70, 2155-2160.
- El-Nezami, H., Polychronaki, N., Yuan, K. L., Haskard, C., Juvonen, R., Salminen, S., et al. (2004). Chemical moieties and interactions involved in the binding of zearalenone to the surface of *Lactobacillus rhamnosus* strain GG. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(14), 4577-4581.
- EC (European Commission). (2006). Commission Regulation No 1881/2006: setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Official Journal of European Union 7–9 Issue 01.07.2010.
- Fan, Y., Zhao, L., Ji, C, Li X, Jia R, Xi L, et al.(2015). Protective Effects of *Bacillus subtilis* ANSB060 on serum biochemistry, histopathological changes and antioxidant enzyme activities of broilers fed moldy peanut meal naturally contaminated with aflatoxins. *Toxins*, 7(8):3330-3343.
- Fan, Y., Zhao, L., Ma, Q., Li, X., Shi, H., Zhou, T., et al. (2013). Effects of *Bacillus subtilis* ANSB060 on growth performance, meat quality and aflatoxin residues in broilers fed moldy peanut meal naturally contaminated with aflatoxins. *Food and Chemical Toxicology*, 59:748-53.
- FAO (Food and Agriculture Organization). (2002). Manual on the application of the HACCP system in mycotoxin prevention and control. Rome, Italy: Joint FAO/WHO Food Standards Programme FAO.
- Fazeli, M. R., Hajimohammadali, M., Moshkani, A., Samadi, N., Jamalifar, H., Khoshayand, M. R., et al. (2009). Aflatoxin B1 binding capacity of autochthonous strains of lactic acid bacteria. *Journal of Food Protection*, 72(1), 189-192.
- Filazi, A., Sireli, U.T. (2013). Occurrence of Aflatoxins in Food. In *Aflatoxins-Recent Advances and Future Prospects book edited by Mehdi Razzaghi-Abyaneh*. Chapter 4, 143-170. Doi: 10.5772/51031. <http://dx.doi.org/10.5772/51031>
- Filazi, A., Ince, S., Temamogullari, F. (2010). Survey of the occurrence of aflatoxin M1 in cheeses produced by dairy ewe's milk in Urfa city, Turkey. *Ankara Universitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 57: 197-199.
- Filazi, A., Yurdakok-Dikmen, B., Kuzukiran, O., Sireli, U.T. (2017). Mycotoxins in Poultry. In: *Poultry Science, Dr. Milad Manafi (Ed.), InTech, Chapter 4, 73-92*. Doi: 10.5772/66302, <http://dx.doi.org/10.5772/66302>
- Fuchs, S., Sontag, G., Stidl, R., Ehrlich, V., Kundi, M., Knasmüller, S. (2008). Detoxification of patulin and OTA, two abundant mycotoxins, by lactic acid bacteria. *Food and Chemical Toxicology*, 46, 1398e1407.
- Gao, X., Ma, Q., Zhao, L., Lei, Y., Shan, Y., Ji, C. (2011). Isolation of *Bacillus subtilis*: screening for aflatoxins B1,M1, and G1 detoxification. *European Food Research and Technology*, 232(6):957-62.



- Gromadzka, K., Chelkowski, J., Popiel, D., Kachlicki, P., Kostecki, M., Glinski, P. (2009). Solid substrate bioassay to evaluate the effect of Trichoderma and Clonostachys on the production of zearalenone by Fusarium species. *World Mycotoxin Journal*, 2(1), 45-52.
- Gul Ameer, S., Zahid, H.S., Syed Tufail, H.S., Sirajuddin Shafi, M.N., Safaraz, A.M. (2016). Decontamination of poultry feed from ochratoxin A by UV and sunlight radiations. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96, 2668-2673.
- Gundinc, U., Filazi, A. (2009). Detection of Aflatoxin M1 Concentrations in UHT Milk Consumed in Turkey markets by ELISA. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 12(8): 653-656.
- Hamilton, D. (2000). Toxic fungus threatens health of consumers: In Bankole, S. A., and Adebajo, a. (2003). Mycotoxins in food in West Africa: Current situation and possibility of controlling it. *African Journal of Biotechnology*, 2(9), 254-263.
- Hateb, S., Yue, T., Mohaned, O. (2012). Reduction of patulin in aqueous solution using inactivated lactic acid bacteria. *Journal of Applied Microbiology*, 112(5), 892-899.
- Hernandez-Mendoza, A., Rivas-Jimenez, L., Garcia, H.S. (2011). Assessment of aflatoxin B1 binding to Lactobacillus reuteri by microscopy and fluorescence techniques. *Food Biotechnology*, 25, 140-150.
- Hu, Y.C., Zhang, J.M., Kong, W.J., Zhao, G., Yang, M.H. (2017). Mechanisms of antifungal and anti-aflatoxigenic properties of essential oil derived from turmeric (*Curcuma longa* L.) on *Aspergillus flavus*. *Food Chemistry*, 220, 1-8.
- Hua, S.S., Beck, J.J., Sarreal, S.B., Gee, W. (2014). The major volatile compound 2-phenylethanol from the biocontrol yeast, *Pichia anomala*, inhibits growth and expression of aflatoxin biosynthetic genes of *Aspergillus flavus*. *Mycotoxin Research*, 30, 71-78.
- Jarda, G., Liboz, T., Mathieua, F., Guyonvarc'h, A., Lebrihi, A. (2011). Review of mycotoxin reduction in food and feed: From prevention in the field to detoxification by adsorption or transformation. *Food Additives and Contaminants*, 28(11), 1590-1609.
- Jebali, A., Yasini Ardakani, S.A., Sedighi, N., Hekmatimoghaddam, S. (2015). Nanocellulose conjugated with retinoic acid: its capability to adsorb aflatoxin B1. *Cellulose*, 22(1), 363-372.
- Ji, C., Fan, Y., Zhao, L. (2016). Review on biological degradation of mycotoxins. *Animal Nutrition* 2, 127-133.
- Kamber, U., Gülbaz, G., Aksu, P., Doğan, A. (2017). Detoxification of Aflatoxin B1 in Red Pepper (*Capsicum annuum* L.) by Ozone Treatment and Its Effect on Microbiological and Sensory Quality. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41: e13102
- Kedia, A., Dwivedy, A. K., Jha, D. K., Dubey, N. K. (2016). Efficacy of *Mentha spicata* essential oil in suppression of *Aspergillus flavus* and aflatoxin contamination in chickpea with particular emphasis to mode of antifungal action. *Protoplasma*, 253, 647-653.
- Kumar, K.N., Venkataramana, M., Allen, J.A., Chandranayaka, S., Murali, H.S., Batra, H. V. (2016). Role of *Curcuma longa* L. essential oil in controlling the growth and zearalenone production of *Fusarium graminearum*. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie- Food Science and Technology*, 69, 522-528.
- Kuzukiran, O., Filazi, A., Yurdakok-Dikmen, B., Ozansoy-Cengiz, G., Gurcan, I.S., Karabulut, E., Sireli, U.T. (2018). The effects of aflatoxin residues on nutritional contents in ground red chili peppers (*Capsicum annuum*). *Toxin Reviews*, DOI: 10.1080/15569543.2018.1532964.

- Liu, J., Yi, P. (2013). *Bacillus licheniformis* and method for detoxification of zearalenone. US Patent Publication. No. 8404477 B2.
- Luo, Y., Wang, J.G., Liu, B., Wang, Z.L., Yuan, Y.H., Yue, T.L. (2015). Effect of yeast cell morphology, cell wall physical structure and chemical composition on patulin adsorption. *PLoS One*, 10(8), e0136045.
- Luo, Y., Wang, Z.L., Yuan, Y.H., Zhou, Z.K., Yue, T.L. (2016). Patulin adsorption of a superior microorganism strain with low flavor-affectation of kiwi fruit juice. *World Mycotoxin Journal*, 9(2), 195-203.
- Luo, Y., Zhou, Z.K., Yue, T.L. (2017). Synthesis and characterization of nontoxic chitosan-coated Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> particles for patulin adsorption in a juice-pH simulation aqueous. *Food Chemistry*, 221, 317-323.
- Luo, Y., Liu, X., Li, J. (2018). Updating techniques on controlling mycotoxins - A review. *Food Control* 89, 123-132.
- Ma, Q.G., Gao, X., Zhou, T., Zhao, L.H., Fan, Y., Li, X.Y., et al. (2012). Protective effect of *Bacillus subtilis* ANSB060 on egg quality, biochemical and histopathological changes in layers exposed to aflatoxin B1. *Poultry Science*, 91(11):2852-7.
- Magan, N., Aldred, D. (2007). Post-harvest control strategies: Minimizing mycotoxins in the food chain. *International Journal of Food Microbiology*, 119, 131-139.
- Magnoli, A.P., Texeira, M., Rosa, C.A., Miazzo, R.D., Cavaglieri, L.R., Magnoli, C. E., et al. (2011). Sodium bentonite and monensin under chronic aflatoxicosis in broiler chickens. *Poultry Science*, 90, 352-357.
- Magro, M., Moritz, D.E., Bonaiuto, E., Baratella, D., Terzo, M., Jakubec, P., et al. (2016). Citrinin mycotoxin recognition and removal by naked magnetic nanoparticles. *Food Chemistry*, 203, 505-512.
- Miljkovic, D., Duell, B., Miljkovic, V. (2010). Low-mycotoxin coffee cherry products, US Patent Publication No. 7815959 B2.
- Molnar, O., Schatzmayr, G., Fuchs, E., Prillinger, H. (2004). *Trichosporon mycotoxinivorans* sp. nov., a new yeast species useful in biological detoxification of various mycotoxins. *Systematic and Applied Microbiology*, 27, 661-671.
- Moss, M.O., Long, M.T. (2002). Fate of patulin in the presence of the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Food Additives and Contaminants*, 19(4), 387-399.
- Newman, P.B. (2009). Novel approach to the controlled decontamination and or detoxification of nuts, grains, fruits and vegetables, US Patent Application Publication No. 20090311392 A1.
- Niderkorn, V., Morgavi, D.P., Aboab, B., Lemaire, M., Boudra, H. (2009). Cell Wall component and mycotoxin moieties involved in binding of fumonisin B1 and B2 by lactic acid bacteria. *Journal of Applied Microbiology*, 106, 977-985.
- Ozcakmak, S., Gul, O., Dervisoglu, M., Yilmaz, A., Sagdic, O., Arici, M. (2017). Comparison of the effect of some essential oils on the growth of *Penicillium verrucosum* and its Ochratoxin A production. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41, 1-9.
- Paulick, M., Rempe, I., Kersten, S., Schatzmayr, D., Schwartz-Zimmermann, H.E., Danicke, S. (2015). Effects of increasing concentrations of sodium sulfite on deoxynivalenol and deoxynivalenol sulfonate concentrations of maize kernels and maize meal preserved at various moisture content. *Toxins* 7, 791-811.

- Peltonen, K., El-Nezami, H., Haskard, C., Ahokas, J., Salminen, S. (2001). Aflatoxin B1 binding by dairy strains of lactic acid bacteria and bifidobacteria. *Journal of Dairy Science*, 84(10), 2152-2156.
- Penga W-X, Marchal JLM, van der Poel AFP. (2018). Strategies to prevent and reduce mycotoxins for compound feed manufacturing. *Animal Feed Science and Technology* 237: 129–153.
- Peraica, M., Domijan, A.M., Jurjevic, Z., Cvjetkovic, B. (2002). Prevention of exposure to mycotoxins from food and feed. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology*, 53, 229-237.
- Perczak, A., Jus, K., Marchwinska, K., Gwiazdowska, D., Waskiewicz, A., Golinski, P. (2016). Degradation of zearalenone by essential oils under in vitro conditions. *Frontiers in Microbiology*, 7, 1-11.
- Petchkongkaew, A., Taillandier, P., Gasaluck, P., Lebrihi, A. (2008). Isolation of Bacillus spp. From Thai fermented soybean (Thua-nao): Screening for aflatoxin B1 and OTA detoxification. *Journal of Applied Microbiology*, 104, 1495-1502.
- Pitt, J.I. (2000). Toxigenic fungi: Which are important? *Medical Mycology*, 38, 17-22.
- Quintela, S., Villaran, M. C., Lopez de Armentia, I., Elejalde, E. (2012). Ochratoxin a removal in red wine by several oenological fining agents: Bentonite, eggalbumin, allergen free adsorbents, chitin and chitosan. *Food Additives and Contaminants: Part A*, 29(7), 1168e1174.
- Rodriguez, H., Reveron, I., Doria, F., Costantini, A., De Las, R.B., Munoz, R., et al. (2011). Degradation of OTA by Brevibacterium species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59, 10755-10760.
- Salas, M.P., Reynoso, C.M., Celiz, G., Daz, M., Resnik, S.L. (2012). Efficacy of flavanones obtained from citrus residues to prevent patulin contamination. *Food Research International*, 48, 930-934.
- Sanzani, S. M., Schena, L., Nigro, F., De Girolamo, A., Ippolito, A. (2009). Effect of quercetin and umbelliferone on the transcript level of Penicillium expansum genes involved in patulin biosynthesis. *European Journal of Plant Pathology*, 125, 223-233.
- Stove, S. D. (2013). Food safety and increasing hazard of mycotoxin occurrence in foods and feeds. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53, 887-901.
- Telles, A.C., Kupski, L., Furlong, E.B. (2017). Phenolic compound in beans as protection against mycotoxins. *Food Chemistry*, 214, 293-299.
- Tinyiro, S.E., Yao, W., Sun, X., Wokadala, C., Wang, S. (2011). Scavenging of zearalenone by Bacillus strains-in vitro. *Research Journal of Microbiology*, 6(3), 304-309.
- Trombete, F. M., Porto, Y. D., Freitas-silva, O., Pereira, R. V., Direito, G. M., Saldanha, T., et al. (2017). Efficacy of ozone treatment on mycotoxin and fungal reduction in artificially contaminated soft wheat grains. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41, 12927.
- Var, I., Erginkaya, Z., Kabak, B. (2009). Reduction of OTA levels in white wine by yeast treatments. *Journal of the Institute of Brewing*, 115, 30-34.
- Vekiru, E., Fruhauf, S., Sahin, M., Ottner, F., Schatzmayr, G., Krska, R. (2007). Investigation of various adsorbents for their ability to bind aflatoxin B1. *Mycotoxin Research*, 23, 27–33.
- Vekiru, E., Hametner, C., Mitterbauer, R., Rechthaler, J., Adam, G., Schatzmayr, G., et al. (2010). Cleavage of Zearalenone by Trichosporon mycotoxinivorans to a novel non-estrogenic metabolite. *Applied and Environmental Microbiology*, 76(7), 2353-2359.

- Venter, A.C. (2014). Glycerol compositions and solutions. US Patent Application Publication. No. 20140106008, A1.
- Williams, J.H., Phillips, T.D., Jolly, P.E., Stiles, J.K., Jolly, C.M., Aggarwal, D. (2004). Human aflatoxicosis in developing countries: A review of toxicology, exposure, potential health consequences, and interventions. *American Journal of Clinical Nutrition*, 80, 1106-1122.
- Yiannikouris, A., Francois, J., Poughon, L., Dussap, C.G., Bertin, G., Jeminet, G., et al. (2004). Alkali extraction of  $\beta$ -Dglucans from *Saccharomyces cerevisiae* cell Wall and study of their adsorptive properties toward zearalenone. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 3666-3673.
- Zahoor, M., Khan, F.A. (2016). Aflatoxin B1 detoxification by magnetic carbon nanostructures prepared from maize straw. *Desalination and Water Treatment*, 57, 11893-11903.
- Zhao, Z.Y., Liu, N., Yang, L. C., Wang, J. h., Song, S. Q., et al. (2015). Cross-linked chitosan polymers as generic adsorbents for simultaneous adsorption of multiple mycotoxins. *Food Control*, 57, 362-369.