

Süt ve Süt Ürünlerinde Aflatoksinler: Olası Riskler

Büşra DEMİRER¹, Mehmet ÖZDEMİR²

¹ Karabük Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Karabük, Türkiye

² Karabük Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Dâhili Tıp Bilimleri, Tıbbi Farmakoloji Bölümü, Karabük, Türkiye

Öz

Mikotoksinler bazı küfler tarafından üretilen toksik maddelerdir. Aflatoksinler (AF'ler) en sık bilinen mikotoksin gruplarından biridir. Bilinen 20'den fazla AF türü bulunmaktadır ancak en toksik olanı AF B₁ olarak bilinir. İnsanlar tarafından tüketildiklerinde akut ya da kronik toksikozlara neden olurlar. Kabuklu yemişler, tahıllar, meyve ve sebzeler, baharatlar, süt ve süt ürünleri AF bulaşma riski yüksek olan gıda gruplarıdır. Süt ve süt ürünleri, hayvan dokuları arasında en fazla AF kalıntısı içeren gıda grubudur. Süt ve süt ürünlerinde AF kontaminasyon yollarının bilinmesi ve önleme çalışmalarının yapılması elzemdir. Özellikle gelişim çağındaki çocuklar tarafından da sık tüketilen bir gıda grubu olan süt ve süt ürünlerindeki AF toksisite riskini azaltmak amacıyla sütün işlenmesi sırasında AF degradasyonu için belirli yöntemler geliştirilmeye çalışılmaktadır. Ozon, ışınlama, sülfite, bisülfite ve hidrojen peroksit ekleme, mikroorganizma ekleme gibi çeşitli fiziksel, kimyasal, biyolojik yöntemler mevcuttur ancak her biri için avantaj ve dezavantajların saptanması önemlidir. Süt ve süt ürünlerindeki AF kontaminasyonunun azaltılması için; sütün üretiminden tüketimine kadar geçen aşamaların tümünde iyi tarım uygulamalarının benimsenmesi ve bunun için resmi kontrol ve yaptırım mekanizmalarının sağlıklı ve etkin bir şekilde sürdürülmesi gereklidir. Bu amaçla bu çalışmada süt ve süt ürünlerindeki AF kontaminasyonunun ve olası risklerin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Aflatoksin, mikotoksin, süt ve süt ürünleri, sağlık, kontaminasyon

Aflatoxins in Milk and Dairy Products: Possible Risks

Abstract

Mycotoxins are toxic substances produced by some molds. Aflatoxins (AFs) are one of the most commonly known groups of mycotoxins. There are more than 20 known types of AF, but the most toxic is known as AF B₁. They cause acute or chronic toxicosis when consumed by humans. Nuts, grains, fruits and vegetables, spices, milk and dairy products are food groups with a high risk of AF contamination. Milk and dairy products are the food group containing the most AF residues among animal tissues. It is essential to know the ways of AF contamination in milk and dairy products and to carry out prevention studies. In order to reduce the risk of AF toxicity in milk and dairy products, which is a food group that is especially consumed by children in developmental age, certain methods are being developed for AF degradation during milk processing. There are various physical, chemical and biological methods such as ozone, irradiation, adding sulphite, bisulfite and hydrogen peroxide, adding microorganisms, but it is important to determine the advantages and disadvantages for each. To reduce AF contamination in milk and dairy products; Good agricultural practices should be adopted in all stages from milk production to consumption, and official control and sanction mechanisms should be maintained in a healthy and effective way for this. For this purpose, in this study, it was aimed to evaluate AF contamination and possible risks in milk and dairy products.

Keywords: Aflatoxin, mycotoxin, milk and dairy products, health, contamination

¹ Corresponding Author: busrademirer1@gmail.com

² mehmetozdemir@karabuk.edu.tr

Received : 15 November 2021

Accepted: 27 December 2021

1. Giriş

Mikotoksinler; küfler tarafından oluşturulan ve bunları içeren gıdaları tüketen insanlar ile yem, yem hammaddelerini tüketen hayvanlarda zehirlenmelere veya ölüme yol açabilen küflerin sekonder metabolitleridir. Mikotoksin ismi Latince “myco: mantar” ve “toxin: zehir” kelimelerinden gelmektedir (Devries vd., 2002). Ekim yapılan tarlada, depolama, taşıma, hazırlama aşamalarında özellikle sıcaklık ve nem koşulları uygun olduğu takdirde gıdalar küfler ile kontamine olabilir ve küflerin ikincil metabolitleri olan mikotoksinler oluşabilir (Kim vd., 2017).

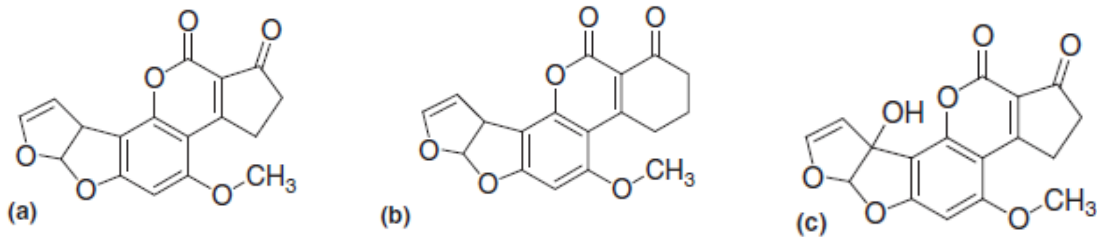
Aflatoksinler (AF'ler) en çok bilinen mikotoksin grubudur. Bilinen 20'den fazla AF türü bulunmakla birlikte en toksik türü olan aflatoksin B₁'in (AFB₁), en güçlü doğal olarak oluşan karaciğer kimyasal kanserojeni olduğu bildirilmektedir (Khangwiset & Wu, 2010). AF'ler, yutma, solunma veya deri teması yoluyla insanlara veya hayvanlara bulaşabilmektedir (Rastogi vd., 2006; Sudakin, 2003). Tolere edilebilen üst limitlerin üzerine çıktığında ise aflatoksikoz olarak adlandırılan çok çeşitli olumsuz sağlık etkilerine neden olabilir. AF dozuna ve maruz kalma süresine göre, akut veya kronik aflatoksikozlar tanımlanabilmektedir (Giovat vd., 2015).

Gıdalarda ve yemlerde aflatoksin oluşumu birçok ülkede rapor edilmiştir. Pek çok rapor, kabuklu yemişler, tahıllar, meyveler, sebzeler, baharatlar dahil olmak üzere ham tarım ürünlerinin, peynir, yoğurt, krema gibi süt ve süt ürünlerinin izin verilen maksimum sınırı aşarak yüksek seviyelerde aflatoksin B₁ ile kontamine olduğunu göstermiştir (Chen vd, 2013 ; Guchi, 2015 ; Waliyar vd., 2015; Demirer & Özdemir, 2021a). Toplumun büyük kısmının nispeten sık tükettiği bir gıda grubu olan süt ve süt ürünlerindeki aflatoksin varlığının ise olası sağlık sonuçlarının kavranması oldukça önemlidir. Buna yönelik alınacak önlemlerin ve uygulama metotlarının yaygınlaşması elzemdir (Kim vd., 2017). Buna göre, bu derleme çalışmada, süt ve süt ürünlerinin aflatoksin maruziyetinin ve olası sağlık risklerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2. Aflatoksinler

Aflatoksinler; *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* ve *Aspergillus nomius* dâhil olmak üzere başlıca *Aspergillus* türleri tarafından üretilen önemli fungal metabolitlerdir (Creppy, 2002). *A. flavus* sadece aflatoksin B (AFB) üretirken diğer iki tür hem AFB hem de aflatoksin G (AFG) üretir (Henry vd., 2001; Abdulrazzaq vd., 2002). Aflatoksin B₁ (AFB₁), aflatoksin B₂ (AFB₂), aflatoksin G₁ (AFG₁) ve aflatoksin G₂ (AFG₂) AF'lerin başlıca sınıflarıdır (Sweeney & Dobson, 1998). Uzun süreli kuraklık, yüksek sıcaklıklar, substrat bileşimi, depolama süresi ve koşulları gibi faktörler, mantar büyümesinde ve AF'lerin sentezinde önemli bir rol oynar (Stack & Carlson, 2003). AFB₁, AF'lerin en zehirli, karsinojenik, teratojenik ve mutajenik sınıfıdır (Iqbal vd., 2010) ve Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı tarafından grup I kanserojen olarak listelenmiştir (IARC, 2002).

AFB₁ ve AFB₂ laktasyon dönemindeki hayvanlar tarafından alındığında çok az bir kısmı (%1-2) sütle birlikte aflatoksin M₁ (AFM₁) ve M₂ (AFM₂) olarak atılır. AFM₁ ve AFM₂ genel olarak AF metabolik ürünleridir. Bunlar ilk olarak AF ile kontamine olmuş küflü tahıllarla beslenen laktasyon dönemindeki hayvanların sütünde tespit edilmiştir. AFM₁ ve AFM₂ genellikle süt ve yenilebilir hayvan dokularıyla ilişkili olmasına rağmen aflatoksijenik küfler de bu ürünleri üretebilir (Fallah vd., 2009). Gıdalardaki ve yemlerdeki AF'lerin düzeyi genellikle AFB₁, AFG₁, AFB₂, AFG₂'nin toplam miktarı olarak belirtilmektedir (Unusan, 2006). İnsanlarda ve hayvanlarda toksisiteye neden olabilen AF'lerin başlıca türleri Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1: Aflatoksin türleri: (a) AFB₁; (b) AFG₁; (c) AFM₁ (Zain, 2011).

Hayvanlar tarafından tüketilen yemlerdeki AFB₁ ve sütteki AFM₁ miktarı arasında pozitif korelasyon bildirilmiştir. Çiftlik hayvanları üzerinde yapılan kontrol çalışmalarında, sütteki AFB₁'in yaklaşık %0,3-6,2'sinin AFM₁'e dönüştüğü bulunmuştur (Cavaliere vd., 2006; Creppy, 2002). Fakat bu dönüşüm oranı; hayvanın türüne, süt verme dönemine, sağım zamanına, sağım aralığına ve hayvanın süt verim düzeyine göre değişiklik göstermekle birlikte deneysel olarak AF'in süte taşınma oranı %1-5 olarak hesaplanmaktadır. Sütte AFM₁ atılımı, 12-24 saatte kontamine yem alındıktan sonra başlamakta, birkaç gün içinde yüksek seviyelere ulaşmakta ve diyetten çıkarıldıktan yaklaşık 24 saat sonra yok olmaktadır (Kamkar vd., 2008). İneklerde farklı metabolizmalarından dolayı bu oran %0,35-3,0 arasında değişirken, koyunlarda ise %0,08-0,33 arasındadır (Cavaliere vd., 2006).

Aflatoksinlerin oluşumu sürekli bir süreç değildir, ancak çevrede mevcutsa ve toksin üretme kapasitesine sahipse, gıdada mevcut olacağı varsayılmalıdır. Ayrıca, mantar mevcut olmayabilir, ancak toksin mevcut ve aktif olabilir (Ferreira vd., 2006). Fungal çoğalma ve AF üretimi, substratın kimyasal bileşimi, su içeriği ve sıcaklık ve nem gibi çevresel koşullarla belirlenmektedir (Jay, 2005). Bryden (2012), diğer faktörlerin, mekanik hasarlar, karbondioksit ve oksijen varlığı, pestisit ve fungusitlerin uygulanması, bitki çeşitliliği, böcek istilası ve spor miktarı gibi üretilen AF miktarını da etkileyebileceğini açıklamaktadır. Bu faktörler içerisinde AF'lerin en çok etkilendiği faktörlerin sıcaklık ve nem olduğu düşünülmektedir. Kirlenme seviyesi kümülatiftir, dolayısıyla hasat zamanı, kurutma ve depolama koşulları AF üretiminde önemli bir rol oynayabilir (Prandini vd., 2009).

Aflatoksinler, geniş bir toksisite spektrumu olan ve düşük moleküler ağırlığa sahip olan metanol, kloroform ve benzen gibi çözücüler içinde çözünürler. İmmünojenik değildirlir, düşük konsantrasyonlarda hareket ederler ve ultraviyole (UV) ışığında kararsızdırlar, fakat 100 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda stabildirler, pişirme, kavurma ve pastörizasyona tabi tutulduklarında neredeyse hiç ayrışma sergilemezler. Aflatoksinler bisfurano sistemine bağlı bir kumarin çekirdeğinden türeyen bir polisiklik yapıya sahip, B tipi aflatoksinler bir pentanona bağlı, G tipi aflatoksinler 6 üyeli bir laktone bağlıdırlar (Abrar vd., 2013).

2.1. Aflatoksinlerin İnsan Sağlığına Etkileri

Aflatoksinle kontamine olmuş gıdalar, insan sağlığında olumsuz sonuçlara neden olabilmektedir (Bbosa vd., 2013). Dünya çapında AF'ne maruz kalan insanlardaki AF seviyesi ve yaygınlığı incelenmiş ve gelişmekte olan ülkelerde yaşayan 5 milyara yakın insanın, büyük ölçüde kontrolsüz bir şekilde artan toksine kronik olarak maruz kaldığı görülmüştür ayrıca 4 milyardan fazla insanda da AF ile ilişkili hepatosellüler karsinoma gelişimi görülmüştür (Williams vd., 2004).

AFB₁ hem toksisite hem de oluşum açısından değerlendirilen en toksik alt tiptir (Van Egmond, 1993; Shan, 2020). AFB₁'in AFM₁'e dönüşümü tipik olarak bir detoksifikasyon işlemi olarak kabul edilir, çünkü AFM₁'in *in vivo* karsinojenitesi AFB₁ için yaklaşık %10'dur. Ayrıca, *in vitro* metabolik aktivasyon kullanılarak, AFM₁ sadece AFB₁'in mutajenitesinin %10'una sahiptir. AFB₁ ve AFM₁'in nispeten karsinojenisitesi, sıçan hepatik mikrozomları kullanılarak *in vitro* gözlemlenen nispi metabolik aktivasyon oranları ile ilişkilidir (İsmail vd., 2015).

Akut aflatoksikozun semptomları arasında yorgunluk, iştahsızlık, ataksi ve yağlı karaciğer bulunur. Kronik AF maruziyetinin semptomları tipik olarak sarılık, azalan gıda alımı ve iştah kaybıdır. AF'ler hastalıklara direnci azaltabilir ve aşırıya bağlı bağışıklığı azaltabilir (Diekman & Green, 1992; Gong vd., 2016). Toksik etkilerini DNA çift sarmalını şablon olarak kullanıp, mRNA sentezini gerçekleştiren RNA polimerazın DNA'ya bağlanmasını engelleyerek göstermektedirler (Seyrek, 2001).

AF'ler lipofilik moleküllerdir ve karaciğer ağırlıklı olarak lipofilik bir organ olduğundan, kan akımı ile taşınan tüm bileşikler hepatositlerde depolanır ve konsantre edilir. AFB₁, çok güçlü bir karaciğer karsinojeni ve toksindir; diyetteki 1 ppb seviyesi karaciğer tümörünün oluşması için yeterli bir sebep olabilmektedir (Timbrell, 1989; McGlynn & London, 2005). Ancak karaciğerin yanında; böbrek, pankreas, mesane, kemik, iç organlar vb. gibi diğer organlarda da AF maruziyetinden kaynaklanan patolojiler bildirilmiştir (Fouad vd., 2019; Marchese vd., 2018).

Gıdalarla AFB₁ alındıktan sonra karaciğer sitokrom P450 enzimleri tarafından yüksek oranda reaktif 8,9-epoksit oluşturmak üzere metabolize edilir ve daha sonra guanin eklentileri oluşturmak için DNA ile; serum lizin eklentileri oluşturmak için albümin ile reaksiyona girer (Bennett & Klich 2003; Leong vd., 2012). Oluşmuş bu epoksit form, hidroliz, glutatyon konjugasyonu ve DNA eklenmesi olmak üzere üç farklı yolak üzerinden metabolize olabilmektedir. DNA üzerinde de bu eklenti oluşumu karsinogeneze neden olabilmektedir (Rushing & Selim, 2018).

Yetişkin bireyler üzerindeki etkileri nispeten daha fazla çalışılmış olsa da özellikle gebelik dönemindeki maruziyetin hem anne hem çocuk üzerindeki etkileri oldukça önemlidir. Annede maternal anemi, oksidatif stresin artması gibi etkiler gösterirken, fetüste büyüme geriliği, plasental yetmezlik, yenidoğan sarılığı gibi etkilere yol açabilmektedir (Demirer & Özdemir, 2021b). Yüksek düzeyde alınan AF'ler, özellikle gelişmemiş ülkelerde yaşayan çocukların birçoğunda marasmus ve kwashiorkorla ilişkilendirilmiştir. Maternal ve kordon kan örnekleri incelendiğinde, insanlarda AF'in transplasental geçişinin olduğu gösterilmiştir (Denning vd., 1990; Abdulrazzaq vd., 2004). Ağız yoluyla alınan AF'in sütle birlikte %0,09-0,43 arasında atımının olduğu düşünülmektedir. Alınan miktara göre atılan miktarın çok düşük olduğu göz önüne alınırsa AF'ne maruziyetin anne ve bebek sağlığı açısından önemi daha da iyi anlaşılabilir (Mangipudy & Mehendale, 2005).

3. Süt ve Süt Ürünlerinde Aflatoksin Oluşumu

Bireylerin günlük beslenmesinde önemli bir yere sahip olan süt ve süt ürünleri, özellikle yetişkinlerden daha duyarlı olan çocuklar tarafından fazla miktarlarda tüketilmektedir (Deveci & Sezgin, 2005). Süt ve süt ürünlerinin yenilebilir hayvan dokuları arasında en fazla AF kalıntısı içeren gıda grubu olduğu bilinmektedir. Bu sebeple süt ve süt ürünlerinde bulunan AF'ler halk sağlığını tehdit eden önemli sorunlardan biri olarak kabul edilmektedir (Deveci & Sezgin, 2005; Kim vd., 2017).

Süt ürünlerindeki mikotoksinlerin oluşması doğrudan veya dolaylı olarak kontaminasyondan kaynaklanabilir. Direkt kontaminasyon yolu, süt sağıldıktan sonra taşıma, işleme ve depolama sırasında, AF sentezleyen küflerin süte bulaşması ve AF üretmeleri ile oluşabilmektedir (Deveci & Sezgin, 2005). Ancak bazı durumlarda peynirde mikotoksin üretebilen yardımcı başlatıcı kültürler kasıtlı olarak süte eklenebilmektedir. Örneğin, *P. roqueforti*, yaygın olarak mavi damarlı peynirlerin üretiminde (Fransa'da Roquefort, İngiltere'de Stilton, Türkiye'de Tulum, İtalya'da Gorgonzola, İspanya'da Cabrales, İsviçre'de Blauschimmelkase ve Danimarka'da Danablu) kullanılmaktadır. Rokefortin, PR-toksin, penisilin asit, izofumigaklavin, mikofenolik asit ve patulin gibi çeşitli mikotoksinlerin *in vitro* üretildiği gösterilmiştir. Ticari peynir numunelerinde tespit edilen mikotoksinlerin birçoğunun düşük toksisiteye sahip olduğu ve/veya insanlara karşı toksisitelerinin kesin olarak kanıtlanmamış olduğu unutulmamalıdır. Peynirin pastörize edilmiş süttten mikotoksinlerle kontaminasyonu, kasıtlı olarak eklenmiş kalıplardan değil, işleme ve / veya depolama sırasında ve kontaminasyon sonucudur (Deveci & Sezgin, 2005; Elkak vd., 2012).

Dolaylı kontaminasyon ise, özellikle AFB₁ ve AFB₂ ile kontamine olmuş yemler ile beslenmiş laktasyon dönemindeki hayvanların sütleri aracılığı ile gerçekleşebilmektedir. (Gowda vd., 2013; Wild & Gong, 2010). Bu nedenle, bu toksinin, ısıl işlemde geçirilmiş sütler (pastörize ve ultra yüksek sıcaklık) dâhil olmak üzere, hammadde olarak kontamine süt kullanılarak yapılmış herhangi bir süt ürününde bulunması beklenmektedir, çünkü AF ısıya dayanıklıdır (Fallah, 2010).

3.1. Sütün İşlenmesi Sırasında Aftatoksin Stabilitesi

Pastörizasyon gibi ısıl işlem sırasında AFM₁'in stabilitesi üzerine araştırmalar yapılmıştır. Çalışmaların sonuçları tutarlı olmamasına rağmen, çoğu çalışma bu tür ısıl işlemlerin bu ürünlerdeki AFM₁ miktarını kayda değer ölçüde değiştirmedeğini göstermektedir (Rahmani vd., 2018; Khaneghahi Abyaneh vd., 2019; Delialioğlu vd., 2010). Serin veya soğuk depolama sırasında sütte AFM₁'in stabilitesi ile ilgili çalışmalar değişken sonuçlar vermiştir ancak donmuş kontamine süt ve diğer süt ürünlerinin birkaç ay süreyle depolanması AFM₁ içeriğini etkilemiş görünmemektedir. Kefir ve yoğurt gibi kültürlü süt ürünlerinin üretimi de AFM₁ içeriğini önemli ölçüde azaltmamıştır (Rahimirad vd., 2014; Abdel-Salam vd., 2020).

Su uzaklaştırılmasının AFM₁ içeriğine etkilerinin araştırıldığı çeşitli araştırmaların sonuçları yayınlanmıştır. İşlemler hem ısıyı (sprey veya rulo kurutma) hem de dondurarak kurutma işlemlerini içermektedir. Çalışmalar, Yousef & Marth (1989) tarafından derlenmiş ve bazı çalışmalarda AFM₁'in büyük kayıpları bildirilmişken, bazılarında konsantrite süt, AFM₁ içeriğini önemli ölçüde etkilememiştir. Krem ve tereyağı işleme sırasında AFM₁'in parçalanmasını ele alan az sayıda çalışma, AFM₁'in küçük bir kısmının kremaya ve daha az bir oranda tereyağına taşındığını doğrulamıştır. Kalan yağsız sütte ve ayıranda hiçbir AFM₁ kaybı olmamıştır (Prandini vd., 2009).

Peynir üretimi çok çeşitli süreçleri içermektedir. İlk aşama, sütlerin preslenmiş püre haline dönüştürüldüğü, peynir altı suyu ve pıhtının oluşturulduğu aşamadır. Pıhtıdaki AFM₁ konsantrasyonunun peynir altı suyundan fazla olduğu görülmüştür. Bunun sebebinin AFM₁'in önemli bir oranının (%40-100) süt kazeinine bağlanması olduğu düşünülmüştür (Scaglioni vd., 2014). Yapılan bir çalışmada Minas Frescal peynirinin (taze Brezilya peyniri) işlenmesi sırasında AFM₁'in 1,74-2,45 kat daha yoğun olduğu gösterilmiştir. Peynir üretiminde ikinci aşama olan olgunlaşma aşamasında ise, AFM₁'in stabilitesinde bazı tutarsızlıklar bulunmuştur ancak genel olarak olgunlaşma sırasında AFM₁ bozunmamıştır (Fernandes vd., 2012).

3.2. Sütte AFM₁ Degradasyonu

Yapılan çalışmalarda sütün işlenmesinin önemli miktarda AFM₁ kaybına yol açmadığı sonucu, oldukça büyük bir öneme sahiptir. Sütte AFM₁'in ortadan kaldırılması veya etkisiz hale getirilmesi için kimyasal ve fiziksel değişiklikleri içeren çeşitli yöntemler araştırılmıştır. AFM₁'i degradasyona uğratabilecek olan sülfite, bisülfite ve hidrojen peroksit gıda katkı maddesi olarak da kullanılabilen birkaç kimyasaldır. Çiğ süt doğal olarak AFM₁ ile kontamine olduğunda, 5 saat boyunca 25°C'de %0,4 potasyum bisülfite ile işlendiğinde, konsantrasyon %45 oranında azalmıştır. Daha yüksek bisülfite konsantrasyonunun benzer etkiye yol açmadığı görülmüştür. Doğal olarak kontamine sütte bulunan AFM₁, 30 dakika boyunca 30°C'de %1 hidrojen peroksit varlığından etkilenmemiş ancak laktoperoksidad ile %0,05-0,1 arası bir konsantrasyonda hidrojen peroksit eklenmesi miktarı %50 oranında azaltmıştır (Applebaum & Marth, 1982). Hidrojen peroksit eklenmesinin AF degradasyonu konusunda etkili olduğu ancak, gıdalarda hidrojen peroksit kullanımının izin verilen düzeyi aşabildiği ve bu nedenle insan sağlığı için bir risk oluşturabileceği unutulmamalıdır (Arefin vd., 2017).

Sütten AFM₁'in degradasyonu için kullanılabilir kimyasal yöntemler kadar fiziksel yöntemler de araştırılmıştır. Genel olarak adsorpsiyon ve radyasyon yöntemlerinin AFM₁'in degradasyonu için kullanılabilir olduğu görülmüştür. Düşük doz gama ışınlanmasının sütteki AF üzerine etkisinin değerlendirildiği bir çalışmada, sütteki gama ışınlama doz oranı günde 0.39 mGy olarak oluşturulduğunda, kontrol örneğine kıyasla pastörize sütte 4 gün sonra %51,5 ve 8 gün sonra %99 azalma gösterilmiştir (Hassanpour vd., 2019). Süte ozon eklenmesinin AF içeriğine olan etkisi bir çalışmada incelenmiştir. Buna göre, süt 5 dakika süreyle ozonlandığında (80 mg/dk/kg) AFM₁ miktarı %50 oranında azalmıştır. İşlemler sonucunda sütün pH ve oksidasyon değeri önemli ölçüde değişmemiştir (Mohammadi vd., 2017). Benzer şekilde planlanmış bir çalışmada da bir saatlik ozon takviyesinin (3,5 g/saat/kg) sütün AF içeriğini %18,9 oranında azalttığı bildirilmiştir (Sert & Mercan, 2021).

Fiziksel ve kimyasal yöntemlerin istenmeyen yan etkilere yol açabileceği ve adsorpsiyonla ilişkili teknolojilerin gıdalarda, yemlerde ve konaklarda AF kalıntıları bırakabileceği gibi sebepler ile biyodegradasyonlara olan ilgi artmıştır. Bu sayede AF parçalayıcı bir mikroorganizmanın kullanıldığı bildirilmektedir. Bununla birlikte, bir gıda katkı maddesi olarak canlı mikroorganizmaların kullanılmasının, güvenlik sorunlarına yol açabileceği ve tüketicilerin mikroorganizma eklenmiş gıdaları tüketme konusunda isteksiz olabileceği düşünülmektedir. Mantarlar ve bakteriler tarafından üretilen AF'nin degrade edici enzimlerin kullanımının bu dezavantajların üstesinden gelebileceği öngörülmektedir (Kim vd., 2017; Guan vd., 2008). *Basidiomycota* filumuna ait *Peniophora*, *Pleurotus ostretus* ve *Trametes versicolor* gibi mantar türleri arasında, AFB₁'i daha az toksik maddelere dönüştürmektedir (Guan vd., 2008; Alberts vd., 2009). Bu mantar suşları, AF'nin detoksifiye edilmesine katkıda bulunan lakkaz ve manganez peroksidad gibi oksidatif enzimler salgılamaktadır (Alberts vd., 2009; da Luz vd., 2012). Bakır içeren bir oksidaz olan lakkazın, AF lakton halkasının bozulmasına neden olduğu ve bu sayede degrade ettiği bilinmektedir (Kim vd., 2017).

Açıklanan kimyasal ve fiziksel yöntemler, süt endüstrisinde, biyolojik güvenlik veya muamele edilen ürünlerin besin değeri hakkında çok az şey bilindiği için, kolaylıkla uygulanamaz gibi görünmektedir. Ayrıca, süreçlerin maliyetleri büyük ölçekli uygulama için önemli ve engelleyici olabilir. Bu konuda kullanılacak yöntemin pozitif ve negatif etkilerinin bir arada düşünülmesi ve alternatif yöntem arayışının devam edilmesi önerilmektedir (Yousef & Marth, 1985; Kim vd., 2017).

4. Aflatoksinler İçin Yasal Düzenlemeler

Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC, 2002), AFM₁'i Grup 1'e (insanlara karsinojenik) ait olarak kabul etmiştir. Bu mikotoksinin süt ve süt ürünlerindeki yüksek insidansı nedeniyle, gıdadaki varlığı halk sağlığı için önemli bir konu olarak bildirilmektedir. Özellikle insan sağlığını etkileme güçleri anlaşıldıkça son yıllarda gıdaların ve yemlerin mikotoksinlerle kontaminasyonu tüm dünyada önemli bir sorun haline gelmiştir. Birçok uluslararası organizasyon, mikotoksinlerin insan sağlığı üzerindeki zararlarını araştırmaktadır. Bu çalışmalar özellikle dünyanın bazı bölgelerinde mikotoksinler için gıda ve yem maddelerinde izin verilen maksimum kalıntı limitlerin (MRL) belirlenmesi açısından oldukça önemlidir (Scudamore, 2005).

Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği'ne (2011) göre ise çiğ süt, ısıl işlem görmüş süt ve süt ürünlerinin üretiminde AFM₁'in MRL değeri 0,05 µg/kg'dır. Bu düzey bebek formülleri ve devam formüllerinde 0,025 µg/kg olarak belirtilmiştir (Ulven vd., 2011). Gıdalarda Bulunan Kontaminantlar (CONTAM) paneli (2007) ve Gıda Güvenlik Komitesi'nin (FSC) 2013 raporuna göre, AFM₁ ve AFB₁ için ALARA'nın (alınabilecek en düşük düzeylerde alım) olması gerektiği bildirilmiştir (Food Safety Commission of Japan, 2013) (Tablo 1). Gıda Katkı Maddeleri Ortak Uzmanlar Komitesi (JECFA) tolere edilebilir alım düzeyi için herhangi bir limit bildirmemiştir çünkü dünya çapındaki maksimum AFM₁ seviyeleri konusunda uluslararası bir anlaşma henüz yoktur (Kabak & Var, 2009).

Tablo 1: Farklı ülkelerde süt ve süt ürünlerinde AFM₁ maksimum kalıntı limitleri (Becker-Algeri vd., 2016)

Ülke	Süt (µg/kg)	Süt Ürünleri (µg/kg)
ABD	0,5	0,5
Avrupa	0,05	0,05
Avustralya	0,05	0,02 (tereyağ)
	0,01 (pastörize infant sütü)	0,25 (peynir)
Fransa	0,05	-
Bulgaristan	0,5	0,1 (süt tozu)
Çek Cumhuriyeti	0,05	-
Türkiye	0,05	0,25 (peynir)
Arjantin	0,05	0,5 (süt ürünleri)
İran	0,5	-
Nijerya	1	-

5. Sonuç

Küflerin ürettiği ikincil metabolit olan mikotoksinler, tarladan sofraya kadar olan her aşamada gıdayı kontamine ederek insan sağlığı üzerinde olumsuz birtakım etkilere neden olan önemli doğal kirleticilerdendir. Gıdaların yeterli kurutma işlemi yapılmadan, uygun olmayan koşullarda depolanması veya taşınması, nem oranının yüksek olduğu yerlerde bekletilmesi mikotoksin kontaminasyonunun başlıca nedenleri arasında sayılabilir. Özellikle sütlerde bulunan AF türlerinden olan AFM₁, AFB₁ ile kontamine olmuş yemlerle beslenen laktasyon dönemindeki hayvanların metabolizmaları sonucu ya da taşıma, işleme ve depolama sırasında, AF sentezleyen küflerin süte bulaşması ve AF üretmeleri sonucunda oluşmaktadır. Süt ve süt ürünleri yenilebilir hayvan dokuları arasında AFM₁ kalıntısı açısından riskli bir gıda grubudur. Toplumdaki duyarlı gruplardan biri olan çocukların günlük beslenmesinde süt ve süt ürünleri fazla miktarlarda tüketildiğinden, AF'ler halk sağlığını tehdit eden önemli sorunlardan biri haline gelmiştir. Bu nedenle AFM₁ maruziyetinin doğru bir şekilde değerlendirilmesi ve gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. AFM₁ kontaminasyonunun azaltılması için; sütün üretiminden tüketimine kadar geçen aşamaların tümünde iyi tarım uygulamalarının benimsenmesi ve bunun için resmi kontrol ve yaptırım mekanizmalarının sağlıklı ve etkin bir şekilde sürdürülmesi gereklidir.

Kaynakça

- Abdel-Salam, A. M., Badr, A. N., Zaghoul, A. H., & Farrag, A. R. H. (2020). Functional yogurt aims to protect against the aflatoxin B1 toxicity in rats. *Toxicology Reports*, 7, 1412–1420.
- Abdulrazzaq, Y. M., Osman, N., Yousif, Z. M., & Trad, O. (2004). Morbidity in neonates of mothers who have ingested aflatoxins. *Ann Trop Paediatr*, 24(2), 145-151.
- Abrar, M., Anjum, F. M., Butt, M. S., Pasha, I., Randhawa, M. A., Saeed, F., & Waqas, K. (2013). Aflatoxins: biosynthesis, occurrence, toxicity and remedies. *Critical Review in Food Science*, 53, 862-874.
- Alberts, J. F., Gelderblom, W. C., Botha, A., & van Zyl, W. H. (2009). Degradation of aflatoxin B(1) by fungal laccase enzymes. *Int J Food Microbiol*, 135, 47–52.
- Applebaum, R. S., & Marth, E. (1982). Fate of aflatoxin M1 in cottage cheese. *Journal of Food Protection*, 45, 903–904.
- Arefin, S., Sarker, M. A. H., Islam, M. A., Harunur Rashid, M., & Islam, M. N. (2017). Islam Use of Hydrogen Peroxide (H₂O₂) in raw cow's milk preservation. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 4(4), 371-377.
- Bbosa, G. S., Lubega, A., Kyegombe, D. B., Kitya, D., Ogwal-Okeng, J., & Anokbonggo, W. W. (2013). Review of the biological and health effects of aflatoxins on body organs and body systems. In M. Razzaghi-Abyaneh (Ed.) *Aflatoxins - Recent Advances and Future Prospects* (p: 239 266). Croatia: INTECH Open Access Publisher.
- Becker-Algeri, T. A., Castagnaro, D., de Bortoli, K., de Souza, C., Drunkler, D. A., & Badiale-Furlong, E. (2016). Mycotoxins in Bovine Milk and Dairy Products: A Review. *J Food Sci*, 81, 544–552.
- Bennett, J. W., & Klich, M. (2003). Mycotoxins. *Clin Microbiol Rev*, 16, 497–516.
- 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. doi:10.1111/j.1541-4337.2009.00094.x
- Bryden, W. L. (2012). Mycotoxin contamination of the feed supply chain: Implications for animal productivity and feed security. *Animal Feed Science and Technology*, 173, 134-158.
- Cavaliere, C., Foglia, P., Guarino, C., Marzoni, F., Nazzari, M., Samperi, R., & Lagana, A. (2006). Aflatoxin M1 determination in cheese by liquid chromatography–tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1135(2), 135-141.
- Chen, Y.C., Liao, C.D., Lin, H.Y., Chiueh, L.C., & Shih, D.Y.C. (2013). Survey of aflatoxin contamination in peanut products in Taiwan from 1997 to 2011. *J Food Drug Anal*, 21, 247-252.
- Creppy, E. (2002). Update of survey, regulation and toxic effects of mycotoxins in Europe. *Toxicology Letters*, 127, 19-28.
- da Luz, J. M., Nunes, M. D., Paes, S. A., Torres, D. P., Silva, M. D. C. S. & Kasuya. M. C. M. (2012). Lignocellulolytic enzyme production of *Pleurotus ostreatus* growth in agroindustrial wastes. *Braz J Microbiol*, 43, 1508-1515.
- Delialioğlu, N., Otağ, F., Ocal, N. D., Aslan, G., & Emekda, G. (2010). Mersin ilinde çiğ ve market sütlerinde aflatoksin M1 düzeyinin araştırılması [Investigation of aflatoxin M1 levels in raw and market milks in Mersin Province, Turkey]. *Mikrobiyol Bul*, 44(1), 87-91.

- Demirer, B. & Özdemir, M. (2021a). Gıdalardaki Antibiyotik Kalıntıları. *Academic Platform Journal of Halal Lifestyle*, 3 (1), 17-25.
- Demirer, B. & Özdemir, M. (2021b). Aflatoksinlerin Anne ve Çocuk Sağlığına Etkileri. *Kocatepe Tıp Dergisi*, 22(5), 432-438. doi: 10.18229/kocatepetip.751953.
- Denning, D. W., Allen, R., Wilkinson, A. P., & Morgan, M. R. (1990). Transplacental transfer of aflatoxin in humans. *Carcinogenesis*, 11(6), 1033-1035.
- Deveci, O., & Sezgin, E. (2005). Aflatoxin M1 levels of skim milk powders produced in Turkey. *Journal of Food and Drug Analysis*, 13(2), 139-142.
- Devries, J., Trucksess, L. S., & Jackson (2002). Mycotoxins and Food Safety. <http://www.cplbookshop.com/contents/C869.htm>. Erişim tarihi: 25-11-2004.
- Diekman, D. A., & Green, M. L. (1992). Mycotoxins and reproduction in domestic livestock. *Journal of Animal Science*, 70, 1615-1627.
- Elkak, A., El Atat, O., Habib, J., & Abbas, M. (2012). Occurrence of aflatoxin M1 in cheese processed and marketed in Lebanon. *Food Control*, 25(1), 140-143.
- European Food Safety Authority (EFSA) (2004). Retrieved from: http://www.fao.org/3/a_y5499e.pdf.
- Fallah, A. A. (2010). Assessment of aflatoxin M1 contamination in pasteurized and UHT milk marketed in central part of Iran. *Food and Chemical Toxicology*, 48, 988-991.
- Fallah, A. A., Jafari, T., Fallah, A., & Rahnama, M. (2009). Determination of aflatoxin M1 levels in Iranian white and cream cheese. *Food and Chemical Toxicology*, 47, 1872-1875.
- Fernandes, A. M., Corrêa, B., Rosim, R. E., Kobashigaw, E., & Oliveira, C. A. (2012). Distribution and stability of aflatoxin M1 during processing and storage of Minas Frescal cheese. *Food Control*, 24, 104-108.
- Ferreira, H., Pittner, E., Sanches, H. F., & Monteiro, M. C. (2006). Aflatoksinas: um risco a saúde humana e animal. *Ambiência - Revista do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais*, 2, 113-127.
- Food Safety Commission of Japan (FSCJ) (2013). Aflatoxin M1 in Milk and AflatoxinB1 in Feeds (Rapor No: 526). Retrieved from http://www.fsc.go.jp/english/evaluationreports/nm_toxins/aflatoxin_m1_b1_fs526.pdf
- Fouad, A. M., Ruan, D., El-Senousey, H. K., Chen, W., Jiang, S., & Zheng, C. (2019). Harmful Effects and Control Strategies of Aflatoxin B₁ Produced by *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus* Strains on Poultry: Review. *Toxins (Basel)*, 11(3), 176. doi: 10.3390/toxins11030176.
- Giovati, L., Magliani, W., Ciociola, T., Santinoli, C., Conti, S., & Polonelli, L. (2015). AFM₁ in Milk: Physical, Biological, and Prophylactic Methods to Mitigate Contamination. *Toxins (Basel)*, 7(10), 4330-4349. doi:10.3390/toxins7104330
- Gong, Y. Y., Watson, S., & Routledge, M. N. (2016). Aflatoxin Exposure and Associated Human Health Effects, a Review of Epidemiological Studies. *Food Saf (Tokyo)*, 4(1), 14-27. doi:10.14252/foodsafetyfscj.2015026.
- Gowda, N. K., Swamy, S., & Mahajan, P. (2013). Recent advances for control, counteraction and amelioration of potential aflatoxins in animal feeds. In M. Razzaghi-Abyaneh (Ed.), *Aflatoxins - Recent advances and future prospects* (pp. 129-140). New Delhi, India: InTech.
- Guan, S., Ji, C., Zhou, T., Li, J., Ma, Q., & Niu, T. (2008). Aflatoxin B(1) degradation by *Stenotrophomonas maltophilia* and other microbes selected using coumarin medium. *Int J Mol Sci*, 9, 1489-1503.
- Guchi, E. (2015). Implication of aflatoxin contamination in agricultural products. *Am J Food Nutr*, 3, 12-20.
- Hassanpour, M., Rezaie, M. R., & Baghizadeh, A. (2019). Practical analysis of aflatoxin M1 reduction in pasteurized Milk using low dose gamma irradiation. *J Environ Health Sci Eng*, 17(2), 863-872. doi:10.1007/s40201-019-00403-9.
- Henry, S., Whitaker, H., Rabbani, T., Bowers, I., Park, J., & Price, D. (2001). Aflatoxin M1. *Ipc inchem, JECFA*. 47, 201.
- IARC. (2002). IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. In Traditional herbal medicines, some mycotoxins, naphthalene and styrene (Vol.82). Lyon: IARC Press.
- Iqbal, S., Paterson, Z., Bhatti, M., & Asi, M. R. (2010). Survey of aflatoxins in chilies from Pakistan produced in rural, semi-rural and urban environments. *Food Additive and Contaminants Part-B*, 3(4), 268-274.
- Ismail, A., Akhtar, S., Levin, R.E., Ismail, T., Riaz, M., & Amir, M. (2015). Aflatoxin M1: Prevalence and decontamination strategies in milk and milk products. *Critical Reviews in Microbiology*, 1-10. doi:10.3109/1040841x.2014.958051.
- Jay, J. (2005). Microbiologia de Alimentos. *Porto Alegre*, 12, 12-26.

- Kabak, B., & Var, I. (2008). Factors affecting the removal of aflatoxin M1 from food model by *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* strains. *Journal of Environmental Science and Health –Part B*, 43, 617–624.
- Kamkar, A., Karim, G., Aliabadi, F. S., & Khaksar, R. (2008). Fate of aflatoxin M1 in Iranian white cheese processing. *Food and Chemical Toxicology*, 46, 2236-2238.
- Khaneghahi Abyaneh, H., Bahonar, A., Noori, N., Yazdanpanah, H., & Shojaee Aliabadi, M. H. (2019). Aflatoxin M1 in raw, pasteurized and UHT milk marketed in Iran. *Food Addit Contam Part B Surveill*, 12(4), 236-244. doi: 10.1080/19393210.2019.1611666.
- Khlangwiset, P., & Wu, F. (2010). Costs and efficacy of public health interventions to reduce aflatoxin-induced human disease. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*, 27(7), 998-1014. doi:10.1080/19440041003677475.
- Kim, S., Lee, H., Lee, S., Lee, J., Ha, J., Choi, Y., Yoon, Y., & Choi, K. H. (2017). Invited review: Microbe-mediated aflatoxin decontamination of dairy products and feeds. *J Dairy Sci*, 100(2), 871-880. doi: 10.3168/jds.2016-11264.
- Leong, Y. H., Latiff, A. A., Ahmad, N. I., & Rosma, A. (2012). Exposure measurement of aflatoxins and aflatoxin metabolites in human body fluids. A short review. *Mycotoxin Research*, 28, 79–87. doi:10.1007/s12550-012-0129-8
- Mangipudy, R. S., & Mehendale, H. M. (2005). Aflatoxin. In P. Wexler (Ed.), *Encyclopedia of Toxicology* (2 ed., pp. 54-55). USA: Academic Press.
- Marchese, S., Polo, A., Ariano, A., Velotto, S., Costantini, S., & Severino, L. (2018). Aflatoxin B1 and M1: Biological Properties and Their Involvement in Cancer Development. *Toxins (Basel)*, 10(6), 214. doi: 10.3390/toxins10060214.
- McGlynn, K. A., & London, W. T. (2005). Epidemiology and natural history of hepatocellular carcinoma. *Best Pract Res Clin Gastroenterol*, 19(1), 3-23. doi: 10.1016/j.bpg.2004.10.004.
- Mohammadi, H., Mazloomi, S. M., Eskandari, M.H., Aminlari, M., & Niakousari, M. (2017) The Effect of Ozone on Aflatoxin M1, Oxidative Stability, Carotenoid Content and the Microbial Count of Milk. *Ozone: Science & Engineering*, 3 (6), 447-453, doi: 10.1080/01919512.2017.1329647
- Prandini, A., Tansini, G., Sigolo, S., Filippi, L., Laporta, M., & Piva, G. (2009). On the occurrence of aflatoxin M1 in milk and dairy products. *Food and Chemical Toxicology*, 47(5), 984–991.
- Rahimirad, A., Maalekinejad, H., Ostadi, A., Yeganeh, S., & Fahimi, S. (2014). Aflatoxin M1 Concentration in Various Dairy Products: Evidence for Biologically Reduced Amount of AFM1 in Yoghurt. *Iran J Public Health*, 43(8), 1139-1144.
- Rahmani, J., Alipour, S., Miri, A., Fakhri, Y., Riahi, S. M., Keramati, H., Moradi, M., Amanidaz, N., Pouya, R. H., Bahmani, Z., & Mousavi Khaneghah, A. (2018). The prevalence of aflatoxin M1 in milk of Middle East region: A systematic review, meta-analysis and probabilistic health risk assessment. *Food Chem Toxicol*, 118, 653-666. doi: 10.1016/j.fct.2018.06.016.
- Rastogi, S., Dogra, R. K., Khanna, S. K., & Das, M. (2006). Skin tumorigenic potential of aflatoxin B1 in mice. *Food Chem Toxicol*, 44(5), 670-7. doi: 10.1016/j.fct.2005.09.008.
- Rushing, B. R., & Selim, M. I. (2018). Aflatoxin B1: A review on metabolism, toxicity, occurrence in food, occupational exposure, and detoxification methods. *Food and Chemical Toxicology*, 124, 81-100. doi:10.1016/j.fct.2018.11.047.
- Scaglioni, P. T., Becker-Algeri, T., Drunkler, D., & Badiale-Furlong, E. (2014). Aflatoxin B1 and M1 in milk. *Analytica Chimica Acta*, 829, 68–74.
- Scudamore, K. A. (2005). Mikotoksinler ve Gıda Zincirinde Kontrolleri. *European Mycotoxin Seminar Series*. 3, 19- 37.
- Sert, D., & Mercan, E. (2021). Effects of ozone treatment to milk and whey concentrates on degradation of antibiotics and aflatoxin and physicochemical and microbiological characteristics. *LWT*, 144, 111226.
- Seyrek, K. (2001). Türk Silahlı Kuvvetleri'ne Bağlı Birliklerde Tüketilen Beyaz Peynirlerdeki Aflatoksin M1 Seviyesinin ELİZA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay) Metodu ile Saptanması. *Veteriner Hekimleri Derneği Dergisi*. 12, 55-57.
- Shan, Y. (2020). The Toxic Effects of Aflatoxin B1: An Update. doi:10.5772/intechopen.88775.
- Stack, J., & Carlson, M. (2003). *Aspergillus flavus* and aflatoxins in corn, plant diseases, C 18, field crops. Lincoln: Historical Materials from University of Nebraska. 12, 43-48.
- Sudakin, D. L. (2003). Dietary aflatoxin exposure and chemoprevention of cancer: a clinical review. *J Toxicol Clin Toxicol*, 41(2), 195-204. doi: 10.1081/clt-120019137.
- Sweeney, M. J., & Dobson, A. D. (1998). Mycotoxin production by *Aspergillus*, *Fusarium* and *Penicillium* species. *International Journal of Food Microbiology*, 43, 141-158.
- Timbrell, J. A. (1989). Introduction to Toxicology. 18, 78-79.

- Ulven, S., Kirkhus, M., Lamglait, B., Basu, A., Elind, S., Haider, E., & Pedersen, T. (2011). Metabolic effects of krill oil are essentially similar to those of fish oil but at lower dose of EPA and DHA, in healthy volunteers. *Lipids*, 46(1), 37-46.
- Unusan, N. (2006). Occurrence of aflatoxin M1 in UHT milk in Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 44(11), 1897-1900.
- Van Egmond, H. P. (1993). Aflatoxin M1: occurrence, toxicity, regulation. Mycotoxins in dairy products. In H. P. Van Egmond (Ed.) (p: 11-54). London: Publishers Elsevier Applied Science.
- Van Egmond, H. P., Paulsch, W. E., Veringa, H. A., & Schuller PL (1977). The effect of occurrence of aflatoxin M1 in milk and dairy products. *Food and Chemical Toxicology*, 47, 984-991.
- Waliyar, F., Osiru, M., Ntare, B.R., Vijay Krishna Kumar, K., Sudini, H., Traore, A., & Diarra B. (2015). Post-harvest management of aflatoxin contamination in groundnut. *World Mycotoxin J*, 8, 245-252.
- Wild, C. P., & Gong, Y. Y. (2010). Mycotoxins and human disease: a largely ignored global health issue. *Carcinogenesis*, 31, 71-82.
- 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. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 80(5), 1106-1122.
- Yousef, A. E., & Marth, E. H. (1989). Stability and degradation of Aflatoxin M1. In HP. Van Egmond (Ed.), *Mycotoxin in dairy products* (pp. 127-161). London and New York: Elsevier Applied Science.
- Zaim, M. E. (2011). Impact of mycotoxins on humans and animals. *Journal of Saudi Chemical Society*, 15(2), 129-144.