

Süt ve Ürünlerinde Mikotoksinler ve Özellikleri

Zehra Albay¹, Bedia Şimşek¹

Özet

Süt ve ürünlerinde, çeşitli küfler ve bu küflerin sentezlediği mikotoksinler bulunabilmektedir. Mikotoksinler yem ve besin maddeleri ile alındığında insan ve hayvan sağlığını etkilemektedir. Süt ve ürünlerinde genellikle aflatoksin M₁(AFM₁) ve M₂ (AFM₂), okratoksin (OTA) ve siklopiyazonik asit (CPA), trikotesen, zearalenon, patulin ve fumonisin mikotoksinleri tespit edilmiştir. Bu çalışmada süt ve ürünlerinde bulunan bu mikotoksinlerin özellikleri üzerinde durulmuştur.

GİRİŞ

Küfler tarafından oluşturulan ikincil toksik bileşiklere “mikotoksin” denir (1). Mikotoksin kelimesi Yunancada mantar anlamına gelen “Mykes” ve latince zehir anlamına gelen “Toxikon” isimlerinin birleşmesiyle oluşmuştur. Küflerin ikincil (sekonder) metabolitleri olan mikotoksinler iz miktarda (mg/L ve µg/L seviyelerinde) meydana gelirler ve çok düşük miktarlarda dahi insan sağlığına etki ederler (2, 3, 4, 5, 6). Mikotoksinler yem ve besin maddeleri ile alındığında insan ve hayvanlarda zehirlenmelere ve ölümlere yol açabilmektedir (7).

Uygun ortam koşullarında yaklaşık 200 küf türü mikotoksin olarak bilinen çeşitli toksinleri üretmektedir. Özellikle *Alternaria*, *Aspergillus*, *Penicillium* ve *Fusarium* cinslerine ait türler tarafından mikotoksinler üretilmektedir (8, 9, 10). Mikotoksin oluşumunu bazı faktörler etkilemektedir. Bunlar bağıl nem, sıcaklık, CO₂, mineral içeriği, mikrobiyal flora vb.dir (5, 11, 12).

Dünya çapında, ekonomik ve toksikolojik bakımdan aflatoksin, okratoksin, deoksinivalenol (DON = vomitoxin) ile türevleri, zearalenon (ZON) ile türevleri ve fumonisinler (FB1, FB2) önemli olarak kabul edilmektedir (13). 1997 yılında Türkiye’de yürürlüğe giren Türk Gıda Kodeks Yönetmeliğinde gıdalarda bulunan mikotoksinlerden sadece aflatoksin, patulin ve ergot alkaloidlerinin miktarına ilişkin limitlere yer verilmiştir (14).

Bu çalışmanın amacı, süt ve ürünlerinde sıklıkla karşılaşılan ve insan sağlığı açısından son derece önemli olan mikotoksinlerin önemine ve özelliklerine değinerek konu üzerinde yapılan önemli eski ve yeni çalışmaları derleyerek incelemektir.

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Isparta. Yazışmadan sorumlu yazarın elektronik posta adresi: bedia@mmf.sdu.edu.tr

Çalışmanın, mikotoksin konusunun önemini tekrar vurgulanması ve konu ile ilgilenen kişilere temel sayılabilecek nitelikteki bilgilerin verilmesi açısından önemli olduğu düşünülmektedir.

SÜT VE ÜRÜNLERİNDE BULUNAN MİKOTOKSİNLER VE ÖZELLİKLERİ

Mikotoksinler süt ürünlerinde iki nedenle bulunabilmektedir. Birincisi, tüketilen kontamine yemlerdeki toksinlerin hayvan metabolizmasında metabolize edilerek süte geçmesi sonucu sütün kontaminasyonu, ikincisi ise süt ürününün direkt olarak küf kontaminasyonuna maruz kalması sonucu mikotoksin oluşmasıdır (12, 15, 16).

Mikotoksin bulaşmış yemleri tüketen ineklerin metabolizmasında mikotoksin süte geçmekte ve insan sağlığı açısından potansiyel risk oluşturmaktadır. Gremmels (17), mandıra ineklerinin tükettiği çeşitli yemlerin (konsantre; aflatoksin, fumonisin, zearalenon, trikotesen (DON), ergot alkaloidler, mera otu; lolitrem, paspalitrem, penitrem A, ergovalin ve ilgili ergot alkaloidler, trikotesen, silaj yemi; patulin, mikofenolik asit, rokfortin ve diğerleri) mikotoksin içerdiğini belirtmiştir. Yetiştiriciler açısından hayvan yemlerinin mikotoksinlerle kontaminasyonu küflerin, tarladaki ve depodaki yemlerde veya nemli koşullarda üremesi nedeniyle engellenememektedir (18).

Mikotoksinlerin, kontamine olmuş yemlerden süte geçiş miktarı üzerine bazı araştırmalar yapılmıştır. Mikotoksinlerin, yemden süte farklı oranlarda geçtiği belirlenmiştir (17). Buna göre yemde 20 g/kg aflatoksin B₁'in bulunması durumunda süte 0.06 g/kg aflatoksin M₁ geçişinin olduğu belirlenmiştir (19).

Süt ve ürünlerinde genellikle aflatoksin M₁(AFM₁) ve M₂ (AFM₂), okratoksin (OTA) ve siklopiyazonik asit (CPA), trikotesen, zearalenon, patulin ve fumonisin mikotoksinleri bulunabilmektedir (1, 20). Süt ve ürünlerinde yaygın olarak mikotoksinler ve bu mikotoksinleri üreten bazı küfler Çizelge 1' de sunulmuştur.

Aflatoksin, özellikle *Aspergillus flavus* ve *Aspergillus parasiticus* türleri tarafından ve diğer bazı *Aspergillus*, *Penicillium* ve *Rhizopus* türleri tarafından sentezlenen hepatokarsinojenik, mutajenik, teratojenik ve toksijenik metabolittir (21). 1962 yılından beri yapılan araştırmalarda aflatoksinin, kanserojen özelliği en yüksek mikotoksin olduğu kanıtlanmıştır (22).

Aflatoksinler, “difurokumarosiklopentenon” ile “difurokumarolakton” gruplarında sınıflandırılmıştır. Aflatoksinlerin, aflatoksin B₁, B₂, G₁ ve G₂ olmak üzere dört ana fraksiyonu vardır. Bunların dışında önemli iki aflatoksin türevi olan aflatoksin M₁ ve M₂, aflatoksin B₁ ve B₂'nin hidroksi türevleridir, aflatoksin M₂ aynı zamanda dihidro-aflatoksin M₁'dir (23). Ayrıca özellikle memelilerde, ana metabolitlerin biyotransformasyonu sonucu oluşan Aflatoksin P₁ (AFP₁), Q₁ (AFQ₁), B_{2a} (AFB_{2a}) ve G_{2a} (AFG_{2a}) olarak isimlendirilen aflatoksinler de tanımlanmıştır (24, 25). Aflatoksinler orta polaritedeki çözücülerden özellikle dimetilsulfoksitte çözünebilmekte ve suda çözünürlükleri 10-20 mg/lt arasında değişmektedir (22). Aflatoksinler, 12 ile 40 °C arasında değişen sıcaklıklarda, 3.5 ve 8.0 pH aralığında ve 0.95-0.99 arasında değişen su aktivitesinde oluşmaktadır (9).

Çizelge 1. Süt ve Ürünlerinde Bulunan Mikotoksinler

Mikotoksinler	Küfler	Kaynaklar
Aflatoksin	<i>Aspergillus flavus</i> <i>Aspergillus paraciticus</i>	(49, 50)
Sitreoviridin	<i>Penicillium citreoviride</i> <i>Penicillium toxicariwn</i>	(19)
Sitrinin	<i>Penicillium</i>	(15)
Siklopiyazonik asit (CPA)	<i>Aspergillus flavus</i> <i>Penicillium camemberti</i> <i>Penicillium cyclopium</i>	(1, 19)
Deoksinivalenol (DON)	<i>Fusarium</i> türleri	(13)
Moniliformin	<i>Fusarium</i> türleri	(41)
Nivalenol	<i>Fusarium</i> türleri	(9, 19)
Okratoksin	<i>Aspergillus ochraceus</i> <i>Penicillium viridicatum</i>	(19, 38)
Patulin	<i>Penicillium patulin</i>	(19)
Penicillic acid	<i>Aspergillus</i> türleri <i>Penicillium</i> türleri	(19, 42)
Penitrem A	<i>Penicillium crustosum</i>	(19)
Sterigmatosistin	<i>Aspergillus nidulans</i> <i>Aspergillus versicolor</i>	(15, 44, 45)
T-2 Toksin (Trikolesen)	<i>Fusarium</i> türleri	(9, 46)
Versicolorin A	<i>Aspergillus versicolor</i>	(19)
Zearalenon (Zen)	<i>Fusarium graminearum</i>	(20, 41)

Aflatoksin M₁, sütün işlenmesi sırasında stabil olmakta, yoğurt, peynir gibi ürünlerin üretimi sırasında azalmamaktadır. Yapılan araştırmalara göre aflatoksin M₁ miktarı peynirlerde daha yüksek olduğu, krema, tereyağında ise suda çözünürlüğünden dolayı daha düşük düzeylerde olduğu kanısına varılmıştır (15, 26). Çizelge 2'de Aflatoksin M₁ ile ilgili yapılan araştırmalar ve bu araştırmalarda belirlenen aflatoksin miktarları verilmektedir.

Deoksinivalenol (DON=Vomitoksin), *Fusarium* türleri (*F. graminearum* ve *F. culmorum*) ve bazı funguslar tarafından üretilen ve trikotesenler olarak bilinen yaklaşık 150 akraba moleküllerden biridir. Toksik olan DON ile kontamine olmuş yemi tüketen hayvanların süt, yumurta, peynir ve etine geçme ihtimali oldukça düşüktür (13, 27). Konvansiyonel gıda işleme koşullarına karşı dirençli bir toksindir. Yem ile alınan DON, metaboliti olan deepoksinivalenol olarak süte geçmektedir. Ancak yemde 6 mg/kg DON bulunursa, DON'un süte geçişi gözlenmemektedir (15).

Fumonisin, *Fusarium maniliforme* ve *F. proliferatum* gibi yaygın küflerce üretilmektedir. 10 kadar tipi tanımlanan fumonisinlerin en çok bilineni fumonisin B₁ (FB1)'dir ve FB1, diğerlerine göre daha çok kanseri teşvik etmektedir (20, 28, 29). *Fusarium* türlerinin fumonisin üretimi, anaerobik gelişim koşulları altında artmaktadır (9). Fumonisinler, fumonisin B₁, B₂, B₃ ve B₄ olmak üzere dört çeşittir. Fumonisin kontaminasyonunun % 70'ini fumonisin B₁ oluşturmakta, bunu B₂ ve B₃ çeşitleri izlemektedir (30, 31). Fumonisinler, yapıcı 2-amino-12,16-dimetil polihidroksieikosan

iskeletinin C14 ve C15 konumlarından propan-1,2,3-trikarboksilik asit ile esterleşmesiyle oluşmuşlardır (32).

Çizelge 2. Aflatoksin M₁ ile ilgili yapılan bazı araştırmalar

Araştırma Konusu	Örnek sayısı	Aflatoksin saptanan örnek sayısı	Saptanan Aflatoksin M ₁ miktarı	Kaynaklar
İran'da üretilen peynirlerde	116 (beyaz), 94 (krem)	93 (% 80.1), 68 (% 72.3)	52.1 – 785.4 ng/kg	(51)
Sırbistan'da işlenmiş sütlerde	34 (pastörize süt), 31 (UHT süt)	7 (pastörize süt), 11 (UHT süt),	0.0125 – 0.05 µg/l	(52)
İtalya'da keçi sütü ve sert peynirlerde	208 (süt), 41(peynir)	36 (% 17.3), 4 (% 9.8)	5 – 40 ng/l 79.5–389 ng/l	(53)
Kilis bölgesindeki keçi sütlerinde	110	93 (% 84.54)	5.16 - 116.78 ng/l (70 örnek)	(54)
Afyonkarahisar'da kadın sütlerinde	200	21 (%10.5)	5.66-12.53 pg/ml	(7)
Çanakkale ve çevresi peynirlerinde	25	15 (% 60)	0.01 – 0.32 µg/l (ppb)	(5)
Trakya Bölgesi'nde çiğ sütlerde	135	116 (% 86)	0.001-0.068 µg/l (ppb)	(3)
Erzurum'da satılan bazı peynir çeşitlerinde	63	28 (% 44.44)	7 - 202 ng/kg	(55)
Portekiz'de üretilen yoğurtlarda	96	18 (% 18.8)	19 - 98 ng/kg	(56)
Kuveyt'te satılan süt ve ürünlerinde	54	14 (% 28)	0.01-0.21 µg/l	(57)

Fumonisinler genellikle aflatoksin, DON ve zearalenon gibi diğer toksinlerle birlikte bulunur. Ağırlık olarak düşünüldüğünde, aflatoksinlerden akut olarak çok daha az toksiktirler. Aflatoksinler ppb olarak tanımlanırken, fumonisinler ppm olarak tanımlanmaktadır, fakat ürünler üzerinde çok yüksek oranlarda bulunmaktadır (13). Süte uygulanan farklı sıcaklık işlemlerine (dondurma, pişirme vb.) karşı oldukça dayanıklıdır. İnsanların fumonisine maruz kalmalarında, sütün önemli bir ürün olmadığı düşünülmektedir (15).

Okratoksin, *Aspergillus* ve *Penicillium* grubu küflerin türleri tarafından üretilmektedir (20). Okratoksin A ve B ilk kez 1965 yılında Güney Afrikalı kimyacılar tarafından tanımlanmıştır ve *Aspergillus ochraceus* K-804 suşundan izole edilmiştir (14, 33). Okratoksinler, bitkisel ürünlerin doğal kontaminantı olarak yem ve gıdalara geçmektedir. İnsan sütünde veya inek sütünde bulunabilmesi nedeniyle bebekler açısından potansiyel sağlık riski oluşmaktadır (15, 32).

Okratoksinlerin A, B, C ve D olmak üzere dört çeşidi saptanmıştır. Bunlardan en çok araştırılanı Okratoksin A (OTA)'dır (34, 35). Okratoksin A, 12-karboksi grubundan L-

fenilalanine bağlanmış bir pentaketit türevi hidroksikumarin yapısındadır. OTA ile OTB'nin farkı, OTA'nın dihidro-metil-isokumarin halka sisteminde C5 pozisyonunda klor atomunun bulunmasıdır. Ayrıca OTA esterlerinin toksisitesi OTA'ya benzerlik gösterirken, OTB'nin esterleri beklendiği gibi toksik etki göstermemektedir (32).

Beyaz, kristal bir toz olan Okratoksin A, ksilen ile yeniden kristalize edilebilir. Kristal formda erime noktası 169 °C'dir. Işık ve havada stabil değildir. Ultraviyole altında, asit solüsyonda, yeşil alkalin solüsyonda mavi floresans vermektedir. Toksikiteyi aflatoksinde daha az olan bu mikotoksinlere, peynirlerde çok sık rastlanmamaktadır (19). OTA'nın en çok üretildiği koşullar, 30 °C altında ve % 80 (0.80 su aktivitesi) nem bulunan iklimlerde oluşmaktadır (1, 36). Okratoksin A, diğer okratoksin çeşitlerine göre, daha yüksek toksisiteye sahiptir (37). Okratoksin B nadiren doğal kontaminant olarak bulunmaktadır ve daha az toksiktir. Diğer okratoksinler ise hiçbir zaman doğal ürünlerde bulunmamaktadır (28).

Patulin, *Penicillium*, *Aspergillus* ve *Byssochlamys* cinslerinin çeşitli türleri tarafından üretilen, pek çok canlı için toksik bir maddedir (20). İç organlarda ağır patolojilere ve kanseröz oluşumlara neden olmaktadır (38). Patulin, 4-hidroksi-4H-furol [3,2-c] piran-2(6H)-on yapısındadır. Birçok organik solventte ve suda çözünebilmektedir (32).

P. expansum tarafından üretilebilmesi için minimum su aktivitesinin 0.95 olması gerekmektedir (9). Patulin, asit ve sıcak ortamda stabilken, bazik ortamda labildir (39). 125 °C'ye kadar bozulmamaktadır (28). Peynirlerde Siriwardana ve Lafont (40), patulin, (20 µg) tespit ettiklerini bildirmişlerdir.

Penisilik asidin, kimyasal yapısı laktondur ve UV ışığında mavi floresan veren bir bileşiktir. İlk defa 1913'de *P. puberulum* ile enfekte olmuş mısırlardan izole edilmiştir. Çok sayıda *Penicillium* türü (*P. puberulum*, *P. cyclopium*) ve *Aspergillus* türü tarafından oluşturulan penisilik asidin, en önemli üretici türü *Penicillium aurantiogriseum* (sin. *P. cyclopium*)'dur (41, 42).

P. verrucosum var. *cyclopium*, ev, depo ve satış yerlerinde bulunan soğutuculardan alınan peynirlerden izole edilmiştir. Penisilik asidin oral toksisitesi düşüktür. Penisilik asit, 0.97' nin altındaki su aktivitesinde ve karbonhidrat varlığında substrat düşük olduğundan iyi üretilememektedir (19). *A. ochraceus*'ün penisilik asit üretebilmesi için minimum su aktivitesi 0.88'dir (9).

Siklopiyazonik asit (CPA), bazı *Aspergillus* ve *Penicillium* türleri tarafından sentezlenen bir indol tetramik asittir (1). CPA üreten en önemli türler; *A. flavus* ve *P. aurantiogriseum*' dur (41). CPA, kontamine karışık yemlerde, sütlerde ve peynirlerde tespit edilmiştir. CPA'nın yemden süte geçişi 1 gün içerisinde gerçekleşmektedir. İnsanlar, kontamine süt ve ürünlerinin tüketerek toksini almaktadır. CPA, aflatoksinle birlikte bulunarak, toplam toksik etkiyi artırabilmektedir (15).

Hindilerde görülen "Turkey X Disease" hastalığında ortaya çıkan semptomlarda *A. flavus* toksininin neden olduğu aflatoksinin yanında siklopiyazonikasidin de etkili olduğu düşünülmüştür. Toksik etkisinin yanında hepatotoksik, kanserojen, nörotoksik etkileri de bulunmaktadır (41).

Yapılan araştırmalarda kontrolsüz şartlarda üretilen küflü peynirlerde; *A. flavus*, *A. parasiticus*, *P. camamberti*, *P. expansum*, *P. roqueforti*, *Alternaria alternata*, *Geotrichum candidum*, *Corninomuor fuscus*, *Phoma glomerata* gibi küf türleri izole edilmiştir. Bu türlerden *P. camamberti*, *P. roqueforti*'nin bazı suşları ile *Penicillium sp.* ve *A. ustus* gibi birçok türün toksisiteleri saptanmıştır. Peynirlerin birçoğunda aflatoksin, siklopiyazonik asit ve sitrinin gibi mikotoksinler belirlenmiştir (43).

Sitrinin, ilk defa 1931'de *Penicillium citrinum*'un metaboliti olarak izole edilmiştir. Kimyasal yapı olarak bir piran türevidir ve benzopiran karbonikasittir (41). Sitrinin üretimi için gerekli olan sıcaklık 15-37 °C iken optimum sıcaklık 30 °C'dir (9).

Özellikle peynir bu toksijene hassastır. Sitrinin, *Penicillium citrinum*, *P. expansum*, *P. verrucosum*, *A. terreus*, *A. carneus* ve *A. niveus* türleri tarafından üretilmektedir. Sitrinin, genellikle okratoksin A ile birlikte bulunmaktadır. Bu nedenle her zaman analiz edilememektedir. Bu toksinin prosesler sırasındaki değişimi tam bilinmemekte, fakat ısı ve alkaliden degrade olduğu düşünölmektedir (15).

Sterigmatosistin, *Aspergillus nidulans*, *A. versicolor* ve *A. bipolaris* gibi küfler tarafından üretilen sterigmatosistin, kimyasal yapı olarak aflatoksin B₁'e benzemektedir (15, 44). Aflatoksinin sentezinde bir ara toksindir ve ortama salgılamayan Sterigmatosistin hücrelerin parçalanması durumunda ortama geçmektedir. Sterigmatosistin kanserojen, hepatotoksik ve teratojen etkileri bulunmaktadır (45). Aflatoksine benzer bir yapı göstermesine rağmen kumarin bileşii değildir. Molekül ksantona bağlı bifurandan oluşmaktadır ve furofuranenler grubuna dahildir. UV ışınları altında bileşik, brik rengi floresan vermektedir (41).

Sterigmatosistin en önemli üreticisi *A. versicolor*'dur ve bu küf çok yaygın olarak bulunmaktadır (38). En çok toksin, *A. versicolor* suşları tarafından 25-32 °C'de, pH 8.0'de, glukoz ve sakarozlu ortamda 28 günde oluşturulmuştur (39).

Peynirde bulunan laktoz, yağ ve gliserol, *A. versicolor*' un sterigmatosistin üretimini teşvik etmektedir. Peynirin kaplanmasında kullanılan plastik katmanları, sterigmatosistin üretimini uyarıcı niteliktedir. Sterigmatosistin buzdolabı, dondurucu ve depo koşullarında stabilitesini birkaç hafta korumaktadır (19). *A. versicolor*, depo edilen sert peynirlerden, özellikle yıllanmış peynirlerden daha çok izole edilmektedir. Peynir örneklerinde 5-600 µg/kg düzeylerinde bulunmakta ve dıştan içe doğru azalmaktadır (15).

Trikotesen, *Fusarium* mantarları tarafından üretildiği gibi (46), bazı küf cinsleri (*Cephalosporium*, *Cylindrocarpon*, *Fusarium*, *Myrothecium*, *Stachybotrys*, *Trichoderma*, *Trichothecium*, *Verticimonosporium*) de trikotesen üretmektedir. Trikotesenin, en az 24 farklı *Fusarium* türü tarafından üretildiği bilinmektedir. Bunların en önemli 4 türü *F. equiseti*, *F. graminearum*, *F. moniliforme* ve *F. sporotrichioides*'dir (9, 47).

Trikotesenler 12,13-epoksitrikotes-9-en halkası temel alınarak kimyasal yapılarına göre A, B, C ve D olmak üzere dört gruptadır. B tipi trikotesenler, α - β bağına sahip olması ile A tipinden ayrılmaktadır. A ve B tipleri, izole edilmiş 140 civarındaki toksinlerin yaklaşık 100'ünü oluşturmaktadır. C tipi, epoksit grubunun ilavesiyle karakterize edilmekte, D tipi ise makrosiklik trikotesenlerden oluşmaktadır (32).

Bugün Trikotesen olarak 13 farklı mikotoksin bilinmektedir. Bunlar ortak olarak tetrasiklik bir çekirdek içermektedir. Bu çekirdeğe değişik fonksiyonel grupların bağlanmasıyla farklı mikotoksinler oluşmaktadır (44). Bu grupta yer alan en önemli mikotoksinler; T-2 ve HT-2 toksinleri, diasetoksiskirperol (DAS), deoksinivalenol (DON), nivalenol (NIV) toksinleridir. Toksikite sıralamaları; T-2 toksin > DAS > DON > NIV şeklindedir. T-2 toksin, en yüksek toksisiteye sahip trikotesendir (20). Hücre içinde protein sentezini inhibe etmektedir (41). Trikotesenler, suda eriyen, renksiz, kristal ve optikçe aktif moleküllerdir. Bu toksinler saklama süresince ve normal pişirme ile bozulmamaktadır (28).

Zearalenon (Zen-ZON), *Fusarium culmorum*, *F. graminearum*, *F. roseum* ve *F. crookwellense* tarafından üretilen fenolik resorsiklik asit laktondur. Üzüm, mısır ile yüksek nem içeriği olan saman yığınlarında sıklıkla görülen bir mikotoksindir (15, 20, 41).

Zearalenon, farklı şartlarda üretilmektedir. Örneğin, Zen üretimi için *F. roseum* küfü, yüksek (24-27°C) ve düşük (12-14°C) olmak üzere iki farklı sıcaklık koşulu istemektedir. Enzim aktivasyonu için düşük sıcaklık gereklidir, eğer enzim bir kere aktive olursa yüksek sıcaklıklarda da toksin üretebilmektedir (32).

Zearalenon, FES (Fermentasyon Östrojenik Madde) veya F-2 toksini isimleriyle de bilinmektedir. Bu küf metaboliti direk bir toksin olmaktan çok hormon benzeri kimyasal yapı göstermesi bakımından önemlidir. Funguslar tarafından üretildiği bilinen tek bitkisel östrojendir. Bu özelliği sayesinde ticari öneme sahip olan bir mikotoksindir. Zearalenonun türevlerinden olan Zearalenol (Zeranol) anabolik ajan olarak kullanılmaktadır (28, 44).

Doğal bir östrojen olması nedeniyle hayvanlar üzerinde hormonal etkilere sahiptir. Yemlerde bulunan Zearalenon düzeyi ile hayvanlardaki östrojenik etkiler arasında ilişki olmasına rağmen, östrojenik etki güzü zayıftır. Buğday, arpa, pirinç, mısır ve diğer bazı tahıllar dahil çoğu tarımsal ürünlerde ve tahıllarda bulunmaktadır. Zearalenon toksininin en çok görüldüğü ürünler; mısır, ve ürünleri, kahvaltılık ürünler (mısır gevreği vb.), mısır birası, ekmek, ceviz ve hayvan yemleridir (13, 47).

Zearalenon, 1.3 mg/kg miktarında yemle birlikte alındığında süt metabolizması etkilenmektedir (48). Yüksek miktarda Zen ile kontamine olmuş yemleri tüketen hayvanların sütüne geçtiği, çiğ, pastörize, kondanse süt, süt tozu, yumuşak veya sert peynirde oluşabileceği belirtilmektedir. Zen, pastörizasyon, kaynatma, dondurma, soğutma ve pişirme işlemleri ile etkisiz hale getirilmektedir (15).

SONUÇ

Süt ve ürünlerinde yaygın olarak bulunan mikotoksinler, insan sağlığını tehdit etmekte ve ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Gıda ve yemlerde küf gelişiminin kontrol edilmesi, mikotoksinlerin önlenmesi için önemlidir. Süt ve ürünlerine mikotoksin kontaminasyonunu engellemek için gerekli önlemler alınmalı, analizler rutin olarak yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Oruç, H.H., (2005). Mikotoksinler ve Tanı Yöntemleri. Uludağ Univ. J. Fac. Vet. Med. 24, (1-4): 105-110.
2. Charles, R., Hurburg, J.R. (1995). Mycotoxins in The Grain Market. World Grain. October, 26-33.
3. Özsunar, A. (2005). Trakya Bölgesi'nde Üretilen İnek Sütlerinde Aflatoksin M₁ Varlığı. Trakya Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 39s. Tekirdağ.
4. Özbek, E. (2006). Marmara Bölgesi Askeri Birliklerinde Tüketime Sunulan Süt ve Süt Ürünlerinde Aflatoksin M₁ Düzeylerinin Belirlenmesi. Ondokuz Mayıs Üniv. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 77s. Samsun.
5. Demirtaş, N.Ö. (2006). Yöresel Peynirlerde Aflatoksin M₁ Düzeylerinin Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografisi Yöntemiyle Belirlenmesi. Ankara Üniv. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 42s. Ankara.
6. Sünnetçi, S. (2008). Trakya Bölgesi'nde Üretilen Sığır Süt Karma Yemlerinde Aflatoksin B₁ (AFB₁) Düzeylerinin Belirlenmesi. Trakya Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 48s. Tekirdağ.
7. Kuyucuoğlu, N. (2007). Afyonkarahisar İlindeki Anne Sütü Örneklerinde Aflatoksin M₁ Düzeylerinin Belirlenmesi. Afyon Kocatepe Üniv., Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 27s. Afyonkarahisar.
8. Güley, Z., (2008). Doğal Üretilen Küflü Peynirden İzole Edilen Bazı Laktik Asit Bakterilerinin Aflatoksin B₁ ve Aflatoksin M₁ Üzerine Etkisinin Araştırılması. Ege Üniv. Fen Bilimleri Enst., Doktora Tezi, 259s. İzmir.
9. Sweeney, M.J., Dobson, A.D.W. (1998). Mycotoxin Production by *Aspergillus*, *Fusarium* and *Penicillium* Species. International Journal of Food Microbiology 43, 141–158.
10. Kabak, B. (2007). Bazı Mikotoksinlerin Detoksifikasyonunda *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* Suşlarının Kullanımı. Çukurova Üniv. Fen Bilimleri Enst., Doktora Tezi, 149s. Adana.
11. Hüssein, H.S., Brasel, J.M. (2001). Toxicity, metabolism, and impact of mycotoxins on human and animals: A Review. Toxicology, 167: 101–134.
12. Kök, Z. (2006). Aydın İli ve Çevresinde Üretilen Süt ve Süt Ürünlerinde Aflatoksin Varlığının Araştırılması. Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 66s. Aydın.
13. Türk, F.M., Egesel, C.Ö., Gül, M.K., Mermer, D. (2005). Fusarium Türlerinin Tahıl Ürünlerinde Oluşturduğu Mikotoksinler. Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresi 5-9 Eylül, Derleme Sunusu Cilt I, 447-450. Antalya.
14. Karagözlü, N., Karapınar, M. (2000). Bazı Tahıl ve Ürünlerinde Okratoksin-A ve Fungal Kontaminasyon. Turk J. Biol. 24, 561–572.
15. Van Edmond, H.P. (1983). Mycotoxins in dairy products. Food Chemistry 11: 289-307.
16. Kırdar, S.S. (2006). Süt ve Ürünlerinde Mikotoksinler. Türkiye 9. Gıda Kongresi; 24-26 Mayıs, Bolu.

17. Gremmels, J.F. (2008). Mycotoxins in Cattle Feeds and Carry-over to Dairy Milk: A Review. *Food Additives and Contaminants*, 25 (2): 172-180.
18. Keser, O., Kutay, H.C. (2008). Mikotoksinlerin Önlenmesinde Kullanılan Bazı Yöntemler I. Fiziksel Yöntemler. *İstanbul Üniv. Vet. Fak. Derg.*, 34 (2), 63-70.
19. Hui, Y.H. (1992). *Dairy Science and Technology Handbook*. 1352p. America.
20. Sabuncuoğlu, S.A., Baydar, T., Giray, B., Şahin, G. (2008). Mikotoksinler: Toksik Etkileri, Degredasyonları, Oluşumlarının Önlenmesi ve Zararlı Etkilerinin Azaltılması. *Hacettepe Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi Dergisi Cilt 28, Sayı 1*, 63-92.
21. Günşen, U., Büyükyörük, İ. (2003). Piyasadan Temin Edilen Taze Kaşar Peynirlerinin Bakteriyolojik Kaliteleri ile Aflatoksin M1 Düzeylerinin Belirlenmesi. *Türk J Vet Anim Sci* 27, 821-825.
22. Çökeliler, D. (2006). Aflatoksin Tayini İçin Plazma Polimerizasyon Yöntemi İle Kütle Hassas İmmünoşansör Hazırlanması. *Hacettepe Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, 182s., Ankara.
23. Özkaya, Ş., Temiz, A. (2003). Aflatoksinler: Kimyasal Yapıları, Toksisiteleri ve Detoksifikasyonları. *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi, Cilt: 01 Sayı: 01*, 1-21.
24. Alkan, Y. (2006). Amasya İlinde Satışa Sunulan Beyaz Peynirlerde Aflatoksin M₁, Rutubet ve Asidite Değerleri Üzerine Bir Araştırma. *Erciyes Üniv. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 52s. Kayseri.
25. Bennett J.W, Klich M. (2003). Mycotoxins. *Clin Microbiol Rev*, 16 (3): 497-516.
26. Galvano, F., Galofaro, V., Galvano, G. (1996). Occurrence and stability of aflatoxin M₁ in milk and milk products. *Journal of Food Protection* 59 (10): 1079-1090.
27. Parry, D.W., Jenkinson, P., McLeod, L. (1995). *Fusarium* ear blight (scab) in small grain cereals: A Review. *Plant Pathology*, 44: 207-238.
28. Ayaz, A., Yurttagül, M. (2008). Besinlerdeki Toksik Öğeler-I. *Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Klasmat Matbaacılık, Yayın No: 727*, Ankara.
29. Pitt, J.I. (2000). Toxigenic Fungi: Which Are Important, *Med. Myology.*, Supp I, 17.
30. Scott, P.M. (1993). Fumonisin. *Intern J Food Microbiol*, 18: 257-270.
31. Doğan, A., Tuzcu, M. (2001). Fumonizinler. *Kafkas Üniv. Vet. Fak. Derg.*, 7(2): 237- 244.
32. Girgin, G., Başaran, N., Şahin, G. (2001). Dünyada ve Türkiye'de İnsan Sağlığını Tehdit Eden Mikotoksinler. *Türk Hij. Den. Biyol. Derg.*, Cilt 58, No: 3, 97-118.
33. Fukal, L. (1990). A survey of cereals, cereal products, feedstuffs and porcine kidneys for ochratoxin A by RIA, *Food Additives and Contaminants*, 7 (2): 253-258.
34. Betina, V. (1989). *Mycotoxins, Chemical, Biological and Environmental Aspects*. Slovak Polytechnical University, Czechlovakia. 114-145.
35. Çömezoğlu, M. (2001). Isparta İli ve Çevresinde Tüketime Arz Edilen Bazı Gıda ve Yem Hammaddelerinde Aflatoksin B₁ ve Okratoksin A İçeriklerinin Saptanması. *S.D.Ü. Fen Bilimleri Enst., Yüksek Lisans Tezi*, 32s. Isparta.

36. Creppy, E.E. (2002). Update of survey, regulation and toxic effects of mycotoxins in Europe: A Review. *Toxicology Letters*, 127: 19-28.
37. Özçelik, N., Soysal, D. (1998). Okratonsin A: Endemik Nefropati ile İlişkisi. *Genel Tıp Derg.*, 8 (4): 173-176.
38. Soyöz, M. (2002). Okratoksin A ve Melatoninin Ratlarda Bazı Serum ve Karaciğer Enzim Düzeylerine Etkisi. S.D.Ü. Sağlık Bilimleri Enst., Yüksek Lisans Tezi, 67s. Isparta.
39. Özçelik, S. (1998). Gıda Mikrobiyolojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 6, Ders Kitapları No: 6, 205s. Isparta.
40. Siriwardana, M.G. Lafont, P. (1979). Determination of Mycophenolic Acid, Penicillic Acid, Patulin, Sterigmatocystin, and Aflatoxins in Cheese *Journal of Dairy Science*, 62 (7): 1145-1148.
41. Tunail, N. (2000). Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Yayını. Sim Matbaası, Ankara. 522s.
42. Sağlam, M. (2008). Depolama Aşamasında Hububat ve Baklagil Kökenli Tanelerde Bulunan Küfler Üzerine Plazma Uygulamasının İnhibisyon Etkisi. S.D.Ü. Fen Bilimleri Enst., Yüksek Lisans Tezi, 71s. Isparta.
43. Sağdıç, O., Şimşek, B., Özçelik, S. (2003). Küfle Olgunlaştırılan Peynirlerin Küf Florası ve Toksik Özellikleri. I.Ulusal Mikotoksin Sempozyumu 18-19 Eylül, İstanbul.
44. Saldamlı, İ. (1998). Gıda Kimyası. Hacettepe Üniversitesi Yayınları. Ankara. 527s.
45. Demirci, M. (2003). Beslenme. Rebel Yayıncılık. Tekirdağ. 286s.
46. Hay, R.J. (2007). Deride *Fusarium* Enfeksiyonları. *Current Opinion in Infectious Diseases*, 20: 115-117.
47. Kaya, S., Yavuz, H. (1993). Yem ve Yem Hammaddelerinde Bulunan Olumsuzluk Faktörleri ve Hayvanlara Yönelik Etkileri: Organik Nitelikli Olumsuzluk Faktörleri. 4. O. Vet. Fak. Derg., 40 (4): 586-614.
48. Yıldız, G. (2009). Türkiye'de 2001-2004 Yıllarında Hayvancılık İşletmelerinde Kullanılan Kaba Yemlerde Aflatoksin, Zearalenon ve Okratoksin A Kirliliği. *Lalahan Hay. Araşt. Enst. Derg.*, 49 (2) 113-124.
49. Çelik, S. (2001). Karaciğer Karsinojeni Olan Aflatoksinlerin Biyokimyasal, Histolojik Etkileri ve Sağaltım Seçenekleri. *J Fac Vet Med* 20, 131-136.
50. Al-Abdalall, A.H.A., 2009. Production of Aflatoxins by *Aspergillus flavus* and *Aspergillus niger* Strains Isolated from Seeds of Pulses. *Journal of Food, Agriculture & Environment* Vol. 7 (2) : 33-39.
51. Fallah, A.A., Jafari, T., Fallah, A., Rahnema, M. (2009). Determination of aflatoxin M₁ levels in Iranian white and cream cheese. *Food and Chemical Toxicology*, 47, 1872-1875.
52. Polovinski, M., Juric, V., Glamocic, D. (2008). The Frequency of Occurrence of Aflatoxin M₁ in Milk on the Territory of Vojvodina. *Proc. Nat. Sci, Matica Srpska Novi Sad*, No: 116, 75-80.

53. Viridis, S., Corgiolu, G., Scarano, C., Pilo, A.L., De Santis, E.P.L. (2008). Occurrence of Aflatoxin M₁ in tank bulk goat milk and ripened goat cheese. *Food Control*, 19, 44-49.
54. Özdemir, M. (2007). Determination of aflatoxin M₁ levels in goat milk consumed in Kilis province. *Ankara Üniv. Vet. Fak. Derg.*, 54, 99-103.
55. Gürses, M., Erdoğan A., Çetin, B. (2004). Occurrence of Aflatoxin M₁ in Some Cheese Types Sold in Erzurum, Turkey. *Turk J Vet Anim Sci* 28, 527-530.
56. Martins, M.L., Martins, H.M. (2004). Aflatoxin M₁ in yoghurts in Portugal. *International Journal of Food Microbiology* 91, 315-317.
57. Srivastava, V.P., Bu-Abbas, A., Alaa-Basuny, Al-Johar, W., Al-Mufti, S., Siddiqui, M.K.J. (2001). Aflatoxin M₁ contamination in commercial samples of milk and dairy products in Kuwait. *Food Additives and Contaminants*, Vol. 18, No. 11, 993-997.