



Süt ve Süt Ürünlerinde Aflatoksin M₁

Cesur Mehenktaş  

Ege Üniversitesi, Tire Kutsan Meslek Yüksekokulu, Tire, İzmir

Geliş Tarihi (Received): 09.03.2018, Kabul Tarihi (Accepted): 28.12.2018

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): cesur.mehenktaş@ege.edu.tr (C. Mehenktaş)

☎ 0 232 512 86 16 📠 0 232 512 86 16

ÖZ

Aflatoksinler, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* ve *Aspergillus nomius* gibi küfler tarafından üretilen, gerek insanlar gerekse hayvanlarda toksik etkiler gösteren maddelerdir. Bu maddeler, uygun sıcaklık ve nem koşullarında çeşitli bitkisel ürünlerde ve tahıllarda oluşabilmektedir. Aflatoksinlerin süt ve ürünlerinde en sık rastlanan türü aflatoksin M₁'dir. Bu çalışmada aflatoksinlerle ilgili genel bilgiler, aflatoksin M₁'in toksisitesi, süt ve ürünlerine geçiş yolları, süt ve ürünlerinde aflatoksin M₁ düzeyinin azaltılması ve çeşitli süt ürünlerindeki miktarları gibi konular incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Aflatoksin M₁, Süt, Süt ürünleri

Aflatoxin M₁ in Milk and Dairy Products

ABSTRACT

Aflatoxins are produced by fungi including *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* and *Aspergillus nomius*, and they are toxic to both humans and animals. These substances may occur in various crops and cereals under suitable temperature and moisture conditions. The type of aflatoxin most commonly found in milk and dairy products is aflatoxin M₁. In this study, general information about aflatoxins, the toxicity of aflatoxin M₁, various ways of its transition into milk and dairy products, reduction of aflatoxin M₁ level in these products, and its presence in various dairy products are discussed.

Keywords: Aflatoxin M₁, Milk, Dairy products

GİRİŞ

Süt büyüme ve insan sağlığının korunması için elzem olan birçok makro ve mikro besin öğelerini içeren, oldukça besleyici bir gıdadır [1]. Ancak, süt aynı zamanda çevresel ve gıda kontaminantlarının taşıyıcısı olabilmekte ve tüketen bireylerde çeşitli fizyolojik değişikliklere yol açabilmektedir. Sütte bulunan mikroorganizmalar ve bunların metabolitleri doğum yapan memelilerin sıvılarına ve dokularına geçebilmekte ve ardından sağlıklarına zarar verebilmektedir [2]. Süt ve süt ürünleri gibi hayvansal gıdaların insanların diyetine aflatoksin M₁ gibi sağlıklı tehdit edici unsurları taşıma potansiyeli bulunmaktadır [3]. Sütte (özellikle

inek sütünde) aflatoksin M₁'in bulunması, yetişkinler ve özellikle çocuklar için bir gıda maddesi olarak önemi nedeniyle onu insanlar için önemli bir risk haline getirmektedir. Süt ve süt ürünlerinde aflatoksin M₁ varlığı özellikle gelişmekte olan ülkeler için önemli bir sorundur [4].

Nüfus artışı, gerek insanlar gerekse hayvanlar için gıda gereksiniminin artmasına neden olmuş, bu da geleneksel üretim sistemlerinin yoğun üretim sistemlerine dönüşmesine yol açmıştır. Bu durum, büyük miktarlarda tahıl üretimine ve aceleyle depolanmasına, sonuç olarak da bazen mikotoksin

üreten küflerin gelişimini destekleyen koşulların oluşumuna neden olmaktadır [5].

Aflatoksinler yaklaşık 20 adet küf metabolitinden oluşan bir gruptur ve tahıllar, kabuklu meyşler, baharatlar, incir ve kurutulmuş meyveler gibi çok çeşitli gıdalarda bulunabilmektedir. En yüksek konsantrasyonları dünyadaki sıcak bölgelerde yetiştirilen ve depolanan gıda ürünlerinde oluşmasına karşın, bu ürünlerin uluslararası ticareti aflatoksinlerin sadece üretici ülkeler için değil, aynı zamanda ithalatçı ülkeler için de bir sorun olmasına yol açmaktadır [4]. Bu maddeler, insanlar ve hayvanlar için hem akut hem de kronik olarak toksiktirler. Aflatoksinler bağışıklık sistemini baskılayıcı, mutajen, teratojen ve karsinojen bileşiklerdir. Toksikite ve karsinojenitenin başlıca hedef organı karaciğerdir [6]. Pek çok araştırmaya göre, çeşitli ülkelerde süt ve süt ürünlerinde en sık saptanan aflatoksin, aflatoksin M₁'dir [5].

AFLATOKSİNLERE İLİŞKİN GENEL BİLGİLER

Aflatoksinler büyük ilgi çeken bileşiklerdir, çünkü bunlar tüketicilerin diyetine hayvan yemi, dolayısıyla hayvansal gıda ürünleri aracılığıyla ulaşabilmektedir [7]. Aflatoksinlerin keşfinden kısa bir süre sonra, araştırmacılar bunların kalıntılarının kontamine yemle beslenen hayvanlardan elde edilen sütte ve diğer hayvansal ürünlerde bulunabileceğini öne sürmüşlerdir [1].

Aflatoksinler esas olarak *Aspergillus* türlerince üretilirler [8]. Bunlar, yaygın şekilde bulunan küfler olan *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* ve *Aspergillus nomius*'un metabolizmalarınca üretilen son derece toksik mikotoksinlerdir [9]. *Aspergillus nomius* bitkileri ve bitkisel ürünleri kontamine eder ve nadir bulunur. *Aspergillus flavus* ve *Aspergillus parasiticus* ise üreme ortamı olarak yağlı tohumlara özel bir ilgi gösteren sık rastlanan küflerdir [4]. Bu organizmalar tarımsal ürünleri kontamine ederler ve özellikle aflatoksin B₁, aflatoksin B₂, aflatoksin G₁ ve aflatoksin G₂ üretirler. Aflatoksin B₁ ve aflatoksin B₂ ile kontamine olmuş yemlerle beslenen hayvanlar bu aflatoksinleri hidrolize edebilirler ve aflatoksin M₁ ve aflatoksin M₂ ile kontamine olmuş süt ürünleri verirler [8]. Hayvanlar aflatoksin B₁ içeren yemlerle beslendiğinde, bu toksinler metabolize edilerek aflatoksin M₁ olarak süte salgılanmaktadır ve bu aflatoksin B₁'in aflatoksin M₁'e dönüşümü için tek yoldur [10]. Aflatoksin B₁'in aflatoksin M₁'e dönüşümü genellikle bir detoksifikasyon işlemi olarak kabul edilir, çünkü aflatoksin M₁'in canlıdaki kanser yapıcı etkisi aflatoksin B₁'inkinin yaklaşık %10'u kadardır [1].

Aflatoksinler yer fıstığı, kurutulmuş hindistan cevizi içi ve soya fasulyesi gibi çeşitli bitkisel ürünlerde ve mısır, pirinç ve buğday gibi tahıllarda bulunur. Uygun sıcaklık ve nem koşullarında hasat, depolama, nakliye ve işleme gibi üretimin herhangi bir aşamasında oluşabilmektedirler [9]. *Aspergillus flavus* ve *Aspergillus parasiticus* tarlalardaki bitkilerde kolonize olur (en riskli coğrafi bölgeler tropik veya subtropik iklime sahip olanlardır), ancak eğer yeterince kurutulmazsa hasat sonrasında ürünlerde de gelişebilir. Bu küflerin gelişme

sıcaklığı 12-48°C'dir, fakat en uygun koşullar 36-38°C'de oluşmaktadır. Aflatoksin üretimi 20 ve 30°C arasındaki sıcaklıklarda meydana gelmektedir ve üst sınır aynı zamanda en uygun sıcaklık gibi görünmektedir [4].

Aflatoksin B₁ aflatoksinlerin en toksik, karsinojen, teratojen ve mutajen türüdür [1]. Aflatoksin M₁ aflatoksin B₁'in hidroksillenmiş metabolitidir ve süt veren hayvanlar kontamine yemlerle beslendiğinde sütte ve diğer süt ürünlerinde bulunabilmektedir. Aflatoksin B₁ ile kontamine olmuş yiyeceklerle beslenen memeliler sütlerine aflatoksin M₁ olarak bilinen 4-hidroksillenmiş metabolit salgırlar [4]. Yemdeki aflatoksin B₁ düzeyi hayvanın metabolik kapasitesinin üzerinde olursa, hem aflatoksin M₁ hem de aflatoksin B₁ sütte bulunabilmektedir [11].

TOKSİSİTESİ

Aflatoksin M₁ hem insanların hem de süt veren hayvanların süt bezlerinde süte salgılanır [12]. Hayvanların genetik yapısı, mevsimsel değişimler, sağım işlemi ve çevresel koşullar gibi faktörlere bağlı olarak aflatoksin B₁'in yaklaşık %0.3-6.2'si metabolize edilmiş aflatoksin M₁'e dönüştürülür ve süte salgılanır [13]. Birçok ülkede her yaş grubunun düzenli olarak günlük beslenmelerinde süt ve süt ürünlerini tüketmeleri nedeniyle, yapılan çalışmalar bu ürünlerde aflatoksin M₁ varlığının bir sağlık sorunu olduğunu göstermektedir [12].

Aflatoksinler hem akut hem de kronik olarak toksiktirler [4]. Hayvanlarda, aflatoksinlerle belirli bir düzeyde kontamine olmuş yemlerin tüketilmesi teratojeni (doğum kusurları) ile sonuçlanmakta, özellikle ilk embriyonik evrede fetusta sakatlıklar ve embriyonun vücut tarafından emilmesi (bir düşük türü) görülmektedir [2]. Aflatoksin B₁ gerek toksisite gerekse bulunma bakımından değerlendirildiğinde en toksik alt türdür ve en yoğun ilgi bunun metaboliti olan aflatoksin M₁'e yönelmiştir [1]. Aflatoksin B₁ Grup 1 (insanlarda kanser yapıcı) olarak sınıflandırılırken, aflatoksin M₁ Grup 2B (insanlarda olası kanser yapıcı) olarak sınıflandırılmaktadır [2]. Aflatoksin B₁ bilinen en güçlü karaciğer karsinojenlerinden birisidir. Aflatoksin M₁'in *in vitro* koşullarda insan karaciğer hücrelerinde sitotoksik olduğu ortaya konmuştur ve çeşitli canlılardaki akut toksisitesi aflatoksin B₁'inkine benzerdir. Aflatoksin M₁ ayrıca *in vitro* koşullarda memeli hücrelerinde DNA hasarına, gen mutasyonuna, kromozom anomalilerine ve hücre dönüşümüne yol açabilmektedir. Bununla birlikte, aflatoksin M₁ aflatoksin B₁'den daha az mutajenik ve genotoksiktir [4].

Aflatoksin M₁'in tolere edilebilir günlük alım düzeyi 0.2 ng/kg vücut ağırlığı olarak hesaplanmıştır [4]. Avrupa Topluluğu ve Codex Alimentarius içme sütünde aflatoksin M₁ için maksimum düzeyi 50 ng/L olarak belirlemiştir. Diğer taraftan, ABD yasalarına göre sütteki aflatoksin M₁ düzeyi 500 ng/L'den yüksek olmamalıdır. Sütteki aflatoksin sınırları ülkelerin koşullarına bağlıdır ve bir ülkeden diğerine değişiklik gösterebilmektedir [9].

Dünya Sağlık Örgütü potansiyel riski azaltmak için süt ve süt ürünlerindeki aflatoksin M₁ düzeylerinin minimuma indirilmesini tavsiye etmektedir [2]. Genç hayvanların aflatoksin B₁'e (ve muhtemelen aflatoksin M₁'e) yetiştirilmeden daha duyarlı olduğu belirlenmiştir [4]. Dolayısıyla, süt ve süt ürünlerini yüksek miktarda tüketmeleri, düşük vücut ağırlıkları ve aflatoksinlere yüksek hassasiyetleri göz önünde bulundurulduğunda, çocukların sağlığına ilişkin büyük bir endişe söz konusu olmaktadır [2]. Aflatoksin M₁ varlığı bir risk olarak değerlendirilmeli, iklimsel ve çevresel koşulların öngörülebilmesi ve belirli tarımsal sistemlerin yetersizliği (zayıf ekonomik koşullar ve/veya bilgi eksikliği) gibi nedenlerle kesinlikle hafife alınmamalı veya ihmal edilmemelidir [4].

SÜT VE ÜRÜNLERİNE GEÇİŞ YOLLARI

Süt ürünlerinde mikotoksinlerin bulunması şunlardan kaynaklanabilmektedir:

İndirekt Kontaminasyon (Yemden Geçiş)

İneklerin beslenmesinde kontamine yemler kullanılırsa, yem tüketiminden sonraki 2-3 gün boyunca sütte aflatoksin M₁ bulunmaktadır. Aflatoksin içermeyen yem verildiğinde sütteki aflatoksin M₁ düzeyi azalarak 2-3 gün içerisinde sıfıra inmektedir [4]. Başka bir çalışmada aflatoksin M₁'in sütte aflatoksin B₁'in ilk tüketiminden 12-24 saat sonra gözlemlendiği bildirilmektedir [9].

Tüketilen hayvan yemindeki aflatoksin B₁'in %0.3-6.2'si salgılanan sütte aflatoksin M₁'e dönüştürülmektedir [8, 10]. Çiftlik hayvanlarının yeşil yemle beslendiği sıcak mevsimlere kıyasla, hayvan yemiyle beslendiği soğuk mevsimlerde aflatoksin M₁ kontaminasyonunun daha yüksek oranda meydana geldiği belirtilmektedir [14].

Direkt Kontaminasyon

Süt ürünlerinin mikotoksinlerle direkt kontaminasyonu, fermentasyon için kullanılan küflerin gelişimi veya istenmeyen küf gelişimi sonucunda olabilmektedir. Peynirde isteyerek geliştirilen küfler Fransız Roquefort ve Camembert peynirlerindeki *Penicillium* türleri gibi peynir starter kültürleridir. Belirli koşullar altında starter kültürlerin toksin üreten suşlarla kontaminasyonu veya çevresel kontaminasyon durumunda ürünlere bulaşan küfler mikotoksin üretebilmektedir. Süt ürünlerinin diğer bir olası kontaminasyonu, iyi üretim uygulamaları çoğunlukla süt ürünlerinin küflenmesini engellemesine rağmen ürünlere kazara küf bulaşmasıdır [4].

Aflatoksin M₁ ile kontamine olmuş süttten peynir yapıldığında, toksin pıhtıya geçebilmektedir [15]. Süt ürünlerinin üretimi sırasında aflatoksin M₁'in yağda çözünmemesi ve pıhtıda tutulması nedeniyle, aflatoksin M₁ düzeyi süt ürünü bileşenlerinin özelliklerine, ekstraksiyon tekniğine, işleme yöntemine, süt kontaminasyonunun türüne ve derecesine ve süt kalitesindeki farklılıklara göre değişiklikler göstermektedir [9].

SÜT VE ÜRÜNLERİNDE AFLATOKSİN M₁ DÜZEYİNİN AZALTILMASI

Bazı çalışmalarda ısı işlem sırasında aflatoksin M₁'de %32'ye varan azalmalar olduğu belirlenirken [16], bazılarıda aflatoksin M₁'in ısıya dayanıklı olduğu ortaya konmuştur [1]. Ancak genellikle aflatoksinler ısı işlem sırasında stabildir [4]. Aflatoksin M₁ ısı inaktivasyona, pastörizasyona, sterilizasyona, soğukta muhafazaya, dondurmaya, fermentasyona, konsantre etmeye ve kurutmaya karşı dirençlidir [17].

Yapılan bir araştırmada, bentonitlerin inek sütünde bulunan aflatoksin M₁'i uzaklaştırmada çok etkili olduğu ve yaklaşık 80 ng/L düzeyine kadar kontamine olmuş inek sütlerinin, sütün besin değerinde yalnızca hafif bir değişiklik oluşturmak koşuluyla güvenli düzeylere (yetiştirilmeden için 50 ng/L, süt emen bebekler için 25 ng/L) kadar temizlenebildiği belirlenmiştir [18]. Bir başka çalışmada, aflatoksin M₁ düzeyini azaltmak amacıyla yoğurta farklı laktik asit bakterileri kullanılmış, depolama periyodunun sonunda aflatoksin M₁ düzeyindeki en büyük azalma %50 yoğurt kültürü (*S. thermophilus* ve *L. bulgaricus*) ve %50 *L. plantarum* karışımından oluşan kültürle fermente edilen yoğurta belirlenmiştir [19].

Gıdalarda mikotoksin detoksifikasyon işlemleri gıda güvenliği, besin öğelerinin korunumu ve maliyet açılarından halen yeterli değildir [9]. Aflatoksin M₁'i tamamen ortadan kaldırmak için, bu ölümcül toksinin detoksifikasyonu ile ilgili daha fazla çalışma yapılmasına gereksinim bulunmaktadır. Bu nedenle, bu toksinlerle ilgili sağlık risklerini en düşük seviyeye indirebilmek amacıyla, çoğu ülkeler yasal düzenlemeler getirmişlerdir [20]. Gerek insanlar gerekse hayvanlarda aflatoksinlere maruz kalma riskini azaltmak için günümüzdeki en önemli strateji izleme programlarıdır [21].

ÇEŞİTLİ SÜT ÜRÜNLERİNDEKİ MİKTARLARI

Unusan [13], Türkiye'nin Orta Anadolu bölgesinden toplanan UHT süt örneklerindeki aflatoksin M₁ düzeylerini ELISA yöntemiyle belirlemiştir. Toplam 129 adet ticari, tam yağlı UHT süt örneği incelenmiş ve ortalama değer 108.17 ng/L düzeyinde bulunmuştur. 75 süt örneğinin (%58.1) aflatoksin M₁ ile kontamine olduğu, 68 örneğin (%53) Avrupa Birliği'nce izin verilen sınırın altında, kalan 61 örneğin (%47) sınırın üzerinde olduğu saptanmıştır. Dört örnek ABD yasalarının belirlenen sınırı aşmıştır. Gürbay ve ark. [22] Ankara'da tüketilen süt örneklerinin aflatoksin M₁ düzeylerini floresans dedektörlü HPLC sistemiyle belirlemiştir. İncelenen 27 süt örneğinin 24'ü UHT, 3'ü pastörize süt örneğidir. Örneklerin %59.3'ünde aflatoksin M₁ saptanmıştır. Ancak, yalnızca bir örneğin kontaminasyon düzeyi Avrupa Birliği ve Türkiye'de aflatoksin M₁ için kabul edilen maksimum izin verilen sınırın (50 ng/l) üzerinde çıkmıştır. Heshmati ve Milani [23] Tahran, İran'daki süpermarketlerden elde edilen 210 UHT süt örneğinin aflatoksin M₁ düzeylerini ELISA yöntemiyle belirlemişlerdir. Örneklerin 116'sında (%55.2) aflatoksin M₁ saptanmış, 70 örneğin (%33.3) aflatoksin M₁ düzeylerinin bazı Avrupa ülkelerince kabul edilen sınırın (0.05 µg/l) üzerinde olduğu, ancak hiçbir örneğin

ABD yasalarınca belirlenen sınırın üzerinde olmadığı ortaya konmuştur. Zheng ve ark. [24] Temmuz ve Eylül 2010'da toplanan 153 UHT süt örneğinde ve Eylül 2010'da toplanan 26 pastörize süt örneğinde aflatoksin M₁ düzeylerini ELISA yöntemiyle belirlemişlerdir. UHT süt örneklerinin %54.9'unda 0.006-0.160 µg/L düzeyinde, pastörize süt örneklerinin %96.2'sinde 0.023-0.154 µg/L düzeyinde aflatoksin M₁ belirlenmiştir. UHT süt örneklerinin %20.3'ünde, pastörize süt örneklerinin %65.4'ünde aflatoksin M₁ içeriğinin Avrupa Birliği'nin yasal sınırı olan 0.05 µg/L düzeyini geçtiği ortaya konmuştur. Oliveira ve ark. [25] tarafından yapılan bir çalışmada Minas Gerais, Brezilya'da Temmuz-Kasım 2009 ayları arasında 75 ticari UHT süt örneğinin aflatoksin M₁ düzeyleri HPLC ile belirlenmiştir. Sonuçlar 23 örnekteki aflatoksin M₁ düzeylerinin (1000-4100 ng/l), Brezilya yasalarınca kabul edilen sınırın üzerinde olduğunu göstermiştir. Silva ve ark. [26] Maringá'da (Paraná eyaleti, Brezilya) ticari olarak mevcut UHT sütlerde aflatoksin M₁ düzeylerinin mevsimsel değişimlerini belirlemek amacıyla 152 adet UHT tam yağlı inek sütü örneği toplamış ve HPLC ile analiz etmişlerdir. Örneklerin %87.5'inin ortalama 19.6 ng/l düzeyinde aflatoksin M₁ ile kontamine olduğu ve %2.6'sının Avrupa Topluluğu'nca belirlenen sınırın (50 ng/l) üzerinde aflatoksin M₁ içerdiği belirlenmiştir. En yüksek muhtemel günlük alım düzeyi (0.07 ng/kg vücut ağırlığı/gün) sonbaharda gözlenmiştir. Farklı mevsimlerde toplanan örneklerde toksin konsantrasyonlarının farklı olduğu, bunun da iklim koşullarının etkisini ortaya koyduğu belirlenmiştir.

Ardıç ve ark. [27] Erzurum'da satışa sunulan 193 adet beyaz peynir örneğinin aflatoksin M₁ düzeylerini ELISA yöntemiyle belirlemişlerdir. Örneklerin %82.4'ünde saptanabilir düzeyde (50 ng/kg) aflatoksin M₁ bulunmuş, örneklerdeki aflatoksin M₁ konsantrasyonlarının 52-860 ng/kg arasında değiştiği ortaya konmuştur. Örneklerin %26.4'ünün Türk Gıda Kodeksi'nce belirlenen yasal sınır olan 250 ng/kg düzeyini aştığı gözlenmiştir. Yaroğlu ve ark. [28] Türkiye'nin bazı illerinden toplanan 600 adet peynir örneğinin (200 beyaz peynir, 200 kaşar peyniri, 200 eritme peyniri) aflatoksin M₁ düzeylerini ELISA yöntemiyle belirlemişlerdir. En yüksek aflatoksin M₁ konsantrasyonu kaşar peynirinde (800 ng/kg) saptanmıştır. Örneklerin %5'inde (10'u beyaz peynir, 12'si kaşar peyniri ve 8'i eritme peyniri olmak üzere toplam 30 örnekte) aflatoksin M₁ bulunmuş, örneklerin %1'inin (6 örnek) aflatoksin M₁ düzeylerinin Türk Gıda Kodeksi'nce belirlenen 250 ng/kg sınırını aştığı belirlenmiştir. Tekinşen ve Tekinşen [29] Van ve Hakkari piyasasından topladıkları 60 Van otlı peyniri ve 50 beyaz peynir örneğinin aflatoksin M₁ düzeylerini belirlemişlerdir. Van otlı peyniri örneklerinin %86.7'sinde, beyaz peynir örneklerinin %62'sinde saptanabilir düzeyde (0.1 µg/kg) aflatoksin M₁ bulunmuştur. Söz konusu toksinin düzeyi Van otlı peyniri örneklerinde 0.16-7.26 µg/kg, beyaz peynir örneklerinde 0.10-5.20 µg/kg arasında değişmiştir. Van otlı peyniri örneklerinin %80'i, beyaz peynir örneklerinin %40'ı Türkiye'de geçerli olan 0.25 µg aflatoksin M₁/kg peynir sınırını aşmıştır.

Iqbal ve ark. [20] tarafından yapılan bir çalışmada, Pakistan'ın Pencap eyaletinin merkez bölgelerinden kış ayları boyunca (Kasım 2011-Şubat 2012) 221, yaz ayları boyunca (Mayıs-Ağustos 2012) 212 süt ve süt ürünü numunesi toplanmış ve floresans dedektörü ile donatılmış HPLC sistemi ile aflatoksin M₁ içerikleri belirlenmiştir. Kış sezonuna ait süt ve süt ürünü numunelerinin yaklaşık %45'inin (çiğ sütlerin %40'ı, UHT sütlerin %51'i, yoğurtların %37'si, tereyağlarının %60'ı ve dondurmaların %43'ü) aflatoksin M₁ ile kontamine olduğu ve numunelerin sırasıyla %27, %24, %25, %34 ve %17'sinin önerilen limitin üzerinde aflatoksin M₁ içerdiği belirlenmiştir. Yaz sezonuna ait numunelerin ise %32'sinin (çiğ sütlerin %36'sı, UHT sütlerin %31'i, yoğurtların %29'u, tereyağlarının %40'ı ve dondurmaların %24'ü) kontamine olduğu, numunelerin sırasıyla %23, %23, %18, %20 ve %5'inin izin verilen limitin üzerinde aflatoksin M₁ içerdiği saptanmıştır. Kış sezonuna ait süt ve süt ürünlerinde kontaminasyon düzeylerinin yaz sezonuna ait ürünlerden önemli düzeyde yüksek olduğu ($\alpha \leq 0.05$) ortaya konmuştur. Tekinşen ve Eken [30] tarafından yapılan bir çalışmada İstanbul, İzmir, Konya, Tekirdağ ve Edirne piyasasından toplanan 100 UHT süt ve 132 kaşar peyniri örneğinin aflatoksin M₁ düzeyleri ELISA yöntemiyle belirlenmiştir. UHT süt örneklerinin %67'sinin 10-630 ng/kg düzeyinde, kaşar peyniri örneklerinin %82.6'sının 50-690 ng/kg düzeyinde aflatoksin M₁ içerdiği saptanmıştır. UHT süt örneklerinin %31'inin (31 örnek), kaşar peyniri örneklerinin %27.3'ünün (36 örnek) Avrupa Topluluğu ve Türk Gıda Kodeksi'nce belirlenen sınırı aştığı ortaya konmuştur. Tekinşen ve Uçar [31] İstanbul, İzmir, Kayseri, Konya ve Tekirdağ piyasasından elde ettikleri 92 tereyağı ve 100 krem peynir örneğinin aflatoksin M₁ düzeylerini ELISA yöntemiyle belirlemişlerdir. Tereyağı örneklerinin %100'ünde 10-7000 ng/kg düzeyinde, krem peynir örneklerinin %99'unda 0-4100 ng/kg düzeyinde aflatoksin M₁'e rastlanmıştır. Tereyağı örneklerinin %28'inin, krem peynir örneklerinin %18'inin aflatoksin M₁ düzeylerinin Türk Gıda Kodeksi'nce belirlenen sınırı aştığı saptanmıştır.

SONUÇ

Süt ürünlerinde bulunması muhtemel Aflatoksin M₁'in tamamen ortadan kaldırılması için küf ve doğrudan toksin kontaminasyonun engellenmesi ile ilgili önlemler alınmalıdır. Bu konuda çiftçilerin ve üreticilerin bilgilendirilmesi son derece önemli görülmektedir. Toksinin detoksifikasyonu ile ilgili daha fazla çalışma yapılmasına gereksinim bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Iqbal, S.Z., Jinap, S., Pirouz, A.A., Ahmad Faizal, A.R. (2015). Aflatoxin M1 in milk and dairy products, occurrence and recent challenges: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 46, 110-119.
- [2] Scaglioni, P.T., Becker-Algeri, T., Drunkler, D., Badiale-Furlong, E. (2014). Aflatoxin B₁ and M₁ in milk. *Analytica Chimica Acta*, 82, 68-74.
- [3] Akkaya, L., Birdane, Y.O., Oguz, H., Cemek, M., (2006). Occurrence of aflatoxin M1 in yogurt

- samples from Afyonkarahisar, Turkey. *The Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy*, 50, 517-519.
- [4] 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, 984-991.
- [5] Raul, O.M., Valvidia-Flores, A., de Luna-Lopez, M.A.C., Quezada-Tristan, T., Martinez-de Anda, A. (2012). Occurrence of aflatoxin B1 in diets of dairy cattle and aflatoxin M1 in raw milk. *Abstracts/Toxicology Letters*, 211, S43-S216.
- [6] Kocabas, C.N., Sekerel, B.E. (2003). Does systemic exposure to aflatoxin B1 cause allergic sensitization? *Allergy*, 58, 363.
- [7] Khayoon, W.S., Saad, B., Lee, T.P., Salleh, B. (2012). High performance liquid chromatographic determination of aflatoxins in chilli, peanut and rice using silica based monolithic column. *Food Chemistry*, 133, 489-496.
- [8] Creppy, E.E. (2002). Update of survey, regulation and toxic effects of mycotoxins in Europe. *Toxicology Letters*, 127, 19-28.
- [9] Hassan, H.F., Kassaify, Z. (2014). The risks associated with aflatoxins M1 occurrence in Lebanese dairy products. *Food Control*, 37, 68-72.
- [10] Bakirci, I. (2001). A study on the occurrence of aflatoxin M1 in milk and milk products produced in Van province of Turkey. *Food Control*, 12, 47-51.
- [11] Gurbay, A., Sabuncuoglu, A., Girgin, G., Sahin, G., Yigit, S., Yurdakok, M., Tekinalp, G. (2010). Exposure of newborns to aflatoxina M1 and B1 from mothers' breast milk in Ankara, Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 48, 314-319.
- [12] 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.
- [13] Unusan, N. (2006). Occurrence of aflatoxin M1 in UHT milk in Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 44(11), 1897-1900.
- [14] Decastelli, L., Manco, A., Sezian, A. (2006). Aflatoxins occurrence in milk and feed in Northern Italy during 2004-2005. *Food Control*, 18, 1263-1266.
- [15] Manetta, A.C., Giammarco, M., Di Giuseppe, L., Fusaro, I., Gramenzi, A., Formigoni, A., Vignola, G., Lambertini, L. (2009). Distribution of aflatoxin M1 during Grana Padano cheese production from naturally contaminated milk. *Food Chemistry*, 113, 595-599.
- [16] Kabak, B. (2012). Aflatoxin M1 and ochratoxin A in baby formulae in Turkey: occurrence and safety evaluation. *Food Control*, 26, 182-187.
- [17] Park, D.L. (2002). Effect of processing on aflatoxin. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 504, 173-179.
- [18] Carraro, A., Giacomo, A.D., Giannossi, M.L., Medici, L., Muscarella, M., Palazzo, L., Quaranta, V., Summa, V., Tateo, F. (2014). Clay minerals as adsorbents of aflatoxin M1 from contaminated milk and effects on milk quality. *Applied Clay Science*, 88-89, 92-99.
- [19] Elsanhoty, R.M., Salam, S. A., Ramadan, M.F., Badr, F.H. (2014). Detoxification of aflatoxin M1 in yogurt using probiotics and lactic acid bacteria. *Food Control*, 43, 129-134.
- [20] Iqbal, S.Z., Asi, M.R., Jinap, S. (2013). Variation of aflatoxin M1 contamination in milk and milk products collected during winter and summer seasons. *Food Control*, 34, 714-718.
- [21] Lopez, C.E., Ramos, L.L., Ramadan, S.S., Bulacio, L.C. (2003). Presence of aflatoxin M1 in milk for human consumption in Argentina. *Food Control*, 14, 31-34.
- [22] Gürbay, A., Aydın, S., Girgin, G., Engin, A.B., Şahin, G. (2006). Assessment of aflatoxin M1 levels in milk in Ankara, Turkey. *Food Control*, 17, 1-4.
- [23] Heshmati, A., Milani, J.M. (2010). Contamination of UHT milk by aflatoxin M1 in Iran. *Food Control*, 21, 19-22.
- [24] Zheng, N., Sun, P., Wang, J.Q., Zhen, Y.P., Han, R.W., Xu, X.M. (2013). Occurrence of aflatoxin M1 in UHT milk and pasteurized milk in China market. *Food Control*, 29, 198-201.
- [25] de Oliveira, C.P., Ferreira Soares, N. de F., de Oliveira, T.V., Baffa Júnior, J.C., da Silva, W.A., (2013). Aflatoxin M1 occurrence in ultra high temperature (UHT) treated fluid milk from Minas Gerais/Brazil. *Food Control*, 30, 90-92.
- [26] Silva, M.V., Janeiro, V., Bando, E., Machinski Jr, M. (2015). Occurrence and estimative of aflatoxin M1 intake in UHT cow milk in Paraná State, Brazil. *Food Control*, 53, 222-225.
- [27] Ardic, M., Karakaya, Y., Atasever, M., Adiguzel, G. (2009). Aflatoxin M1 levels of Turkish white brined cheese. *Food Control*, 20, 196-199.
- [28] Yaroglu, T., Oruc, H.H., Tayar, M. (2005). Aflatoxin M1 levels in cheese samples from some provinces of Turkey. *Food Control*, 16, 883-885.
- [29] Tekinşen, K.K., Tekinşen, O.C. (2005). Aflatoxin M1 in white pickle and Van otlu (herb) cheeses consumed in southeastern Turkey. *Food Control*, 16, 565-568.
- [30] Tekinşen, K.K., Eken, H.S. (2008). Aflatoxin M1 levels in UHT milk and kashar cheese consumed in Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 46, 3287-3289.
- [31] Tekinşen, K.K., Uçar, G. (2008). Aflatoxin M1 levels in butter and cream cheese consumed in Turkey. *Food Control*, 19, 27-30.