

Adıyaman ilinde satışı sunulan çiğ sütlerde Aflatoksin M₁ varlığının araştırılması ve potansiyel risk değerlendirmesi

Sinan Çilenti¹, Zozan Garip^{2*}, Füsün Temamoğulları³

^{1,2,3}Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı, Şanlıurfa, Türkiye

Geliş Tarihi / Received 06.03.2024, Kabul Tarihi / Accepted: 03.06.2024

Özet: Bu araştırmanın amacı, Adıyaman ilinde Eylül 2021-Nisan 2022 tarihlerinde arasında satışı sunulan çiğ inek süt örneklerinde, Aflatoksin M₁ (AFM₁) varlığıyla miktarlarının belirlenmesidir. ELISA yöntemiyle çiğ inek sütünde (96 adet) AFM₁ miktarları belirlenerek tehlike indeksi (Hazard Index, HI) ve günlük alım miktarı (Estimated daily intake, EDI) hesaplanarak potansiyel risk değerlendirme yapılmıştır. Çalışma sonucunda 96 adet çiğ sütün %55,21 negatif (53 örnek), %44,79 pozitif (43 örnek), ortalama 0,028±0,026 µg/kg ve en fazla 0,054 µg/kg AFM₁ bulunmuştur. En çok sonbahar aylarında (n=24) toksin varlığı tespit edilmiştir. Sokak satıcılarından alınan örneklerin tamamı pozitif sonuç vermiştir. Pozitif numunelerden ortalama AFM₁ ile yapılan günlük alım miktarıyla yapılan hesaplamada HI düzeyi 1 olarak belirlenmiştir. Türk Gıda Kodeksinin maksimum yasal sınırlarını aşan 4 örnekten 2 tane örneğin sokakta satışı yapılan süt olduğu ve diğer 2 örneğin ise Besni ilçesinde bulunan entansif bir çiftliğe ait olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada 4 tane örneğin TGK yasal limitinin üzerinde olduğu ancak ortalama olarak AFM₁ miktarının HI düzeyi potansiyel risk oluşturacak düzeyde bulunmamıştır. Araştırmamız sonucunda halkın çiğ inek sütü ile Aflatoksin M₁'e maruz kaldığı tespit edilmiştir. Özellikle yetiştiricilerin aflatoksin konusunda bilinçlendirilmesi ile denetimlerin artırılması toplum sağlığının korunmasında önem arz etmektedir.

Anahtar kelimeler: Adıyaman; Aflatoksin M₁; Çiğ süt; ELISA

Investigation of Aflatoxin M₁ presence in raw milk sold in Adıyaman province and potential risk assessment

Abstract: This study aimed to determine the presence and quantities of Aflatoxin M₁ (AFM₁) in raw cow milk samples sold in the market between September 2021 and April 2022 in Adıyaman province. Hazard Index (HI) and estimated daily intake (EDI) were calculated by determining the amount of AFM₁ in raw cow milk (96 samples) by ELISA method and potential risk assessment was performed. As a result of the study, 55.21% negative (53 samples), 44.79% positive (43 samples), 0.028±0.026 µg/kg, and a maximum of 0.054 µg/kg AFM₁ was found in 96 raw milk samples. The presence of toxin was detected mostly in the autumn months (n=24). All samples taken from street vendors were positive. The HI level was determined as 1 in the calculation based on the average daily intake of AFM₁ from positive samples. Of the 4 samples that exceeded the maximum legal limits of the Turkish Food Codex, it was determined that 2 samples were milk sold on the street and the other 2 samples belonged to an intensive farm in Besni district. In the study, 4 samples were found to be above the legal limit of the TGK, but on average, the HI level of AFM₁ was not found to be at a level that would pose a potential risk. As a result of our research, it was determined that the public was exposed to Aflatoxin M₁ in raw cow's milk. Especially raising awareness of breeders about aflatoxin and increasing inspections are important for the protection of public health.

Keywords: Adıyaman; Aflatoxin M₁; ELISA; Raw milk

Giriş

Süt ve süt ürünleri, insan yaşamının çeşitli dönemlerinde tüketilerek protein, yağ, karbonhidrat (laktoz), mineral (kalsiyum, fosfor, potasyum, demir, bakır) ve vitamin (A, B1, B2, B6, B12, C ve biotin) içermesi bakımından halk sağlığı açısından önemli bir besindir. Süt ve süt ürünlerinin üretimi sırasında çeşitli kontaminasyonlarla pestisit, ağır metal, ilaç kalıntıları, çevre kirlenmeleri ve aflatoksinler gibi kanserojen metabolitlerle kirlenebilmektedir (Kubicová ve ark. 2019; Pardakhti ve Maleki 2019). Aflatoksinler insan

ve hayvanlara gıdalarla bulaşmaktadır. Bulaşma gıda maddesinde toksin varlığıyla doğrudan; gıda üretiminde kullanılan yardımcı veya hammaddelere toksin bulaşmasıyla dolaylı kontaminasyon ve taşınma kontaminasyonu olmak üzere 3 farklı yolla meydana gelmektedir. Aflatoksin B₁ bulaşmış yemlerin süt ineklerinde Aflatoksin M₁ (AFM₁) dönüşmesiyle sütte bulunan aflatoksin kalıntıları insan ve hayvanlarda fizyolojik değişikliklere, sütün kalite ve kantitesinin bozulmasına neden olmaktadır (Karaoğlan ve ark. 2022). Özellikle inek sütünde AFM₁ plasental maru-

ziyet yoluyla anne rahminde başlayarak yaşam boyu maruziyeti başta çocuklar olmak üzere insan sağlığı için küresel bir gıda güvenliği sorunu haline gelmektedir (Min ve ark. 2020). Süt ve süt ürünlerinin AFM₁ ile kontaminasyonunun mevsime, ülkeye ve coğrafyaya göre değişiklik gösterdiği ifade edilmiştir (Çelik ve ark. 2005; Karaoğlan ve ark. 2022). AFM₁ kanserojenik, mutajenik, teratojenik, genotoksik ve bağışıklık sistemini baskılayıcı etkileri bulunmaktadır (Min ve ark. 2020). Uluslararası Kanser Araştırma Kuruluşu (IARC) tarafından insan için olası kanserojen B2 grubunda kategorize edilen AFM₁, karaciğer, böbrek ve sindirim sorunlarına sebep olmaktadır (Pardakhti ve Maleki 2019). Aflatoksinler maruziyet miktarına ve süresine bağlı olarak hepatotoksik ve kanserojen etkilere neden olmaktadır (Lewis ve ark. 2005). Akut aflatoksikoz durumunda başlıca karaciğer olmak üzere böbrek, kalp, akciğer ve beyinde yüksek miktarda aflatoksin tespit edilmiştir (Alamu ve ark. 2018). İnsan ve hayvanlarda aflatoksin toksisitesi prognoza, doza, süreye, yaşa, cinsiyete, beslenme ve bağışıklık durumuna göre değişkenlik göstermektedir. Akut maruziyet, bulantı, kusma ve karın ağrısına; yüksek dozda akut zehirlenme çocuklarda ölümcül olabilmektedir. Kronik aflatoksin maruziyeti mutajenite ve kanserojeniteye neden olmaktadır (Sarma ve ark. 2017).

Günümüzde özellikle süt ve süt ürünlerinde tarama amaçlı mikotoksin türlerinin tespitinde AFM₁ tespitinde ELISA, hızlı, güvenilir, ekonomik, tekrarlanma, hazırlama prosedürü ve küçük numune hacimlerinde analize imkân vermesi ile çeşitli analiz yöntemleri (yüksek performans likit kromatografisi (HPLC), floresans tespiti (FL), ince tabaka kromatografisi (TLC) ve kütle spektrometrisi (MS)) arasından hassasiyet ve özgüllüğü nedeniyle yaygın tercih edilen bir yöntemdir (Maggira ve ark. 2021).

Bu çalışma, Adıyaman ili ve ilçelerinden toplanan inek sütü örneklerinde AFM₁ belirlenerek halk sağlığı açısından risk bulunup bulunmadığının belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

Gereç ve Yöntem

Numunelerin Toplanması

Çalışmada AFM₁ analizi için numuneler Eylül 2021-Nisan 2022 tarihleri arasında sonbahar, kış ve ilkbahar mevsimlerinde her mevsim 32 örnek olacak şekilde Adıyaman il ve ilçe merkezlerinden (seyyar satıcılardan ve çiğ süt satışı yapan 9 bölgede) satışa sunulan 96 adet numuneden 30 ml çiğ inek sütü toplanmıştır. Süt numuneleri -20°C'de dondurulmuş

ve soğuk zincirle taşınmıştır. Dondurulmuş sütler analiz süresine kadar -20 °C'de saklanmıştır.

Numunelerin Analize Hazırlanması

Süt örneklerinin yağlarının ayrılması için 10°C'de 3500 rpm hızda 10 dakika santrifüj gerçekleştirilmiştir. Üst yağ tabakasının alınmamasına dikkat edilerek, seyreltme yapılmadan ve numuneler doğrudan analize alınmıştır.

Numunelerin Analizi

Aflatoksin seviyelerinin değerlendirilmesi amacı ile spesifik ticari kitleri kullanılmıştır (Veratox for Aflatoxin M1, 8019, Neogen Co., USA). Örnekler firmanın tavsiye ettiği Elisa yöntemi protokolüne uygun olarak belirlenmiştir. Örnekler için 6 adet standart ve 1 adet karıştırma kuyucuğu mikro plaka tutucuya konulmuştur. Her bir örnek 250 µl alınarak karıştırma kuyucuklarına eklenmiştir. Karıştırma kuyucuklarından 100 µl antikor kaplı kuyucuklara aktarılmıştır. 96 kuyucuklu mikroparka 20 dakika oda sıcaklığında otomatik çalkalayıcıda (600 d/d) bekletilmiştir. Antikor kaplı kuyucuklardan sıvılar boşaltılarak, 5 defa yıkama solüsyonu (PBS with Tween™ 20, Canvax Reagents, S.L.U, BR0005, İspanya) ile yıkanmıştır. Her örnek için kuyucuklara 100 µl konjugat eklenerek 10 dakika oda sıcaklığında otomatik çalkalayıcıda (600 d/d) bekletilmiştir. Antikor kaplı kuyucuklardan sıvılar boşaltılarak, 5 defa yıkama solüsyonu ile yıkanmıştır. Her örnek için kuyucuklara 100 µl substrat eklenmiştir. 15 dakika oda sıcaklığında otomatik çalkalayıcıda (600 d/d) bekletilmiştir. Her örnek için kuyucuklara 100 µl stop solüsyonu eklenerek spektrofotometrik cihazda (Thermo Fisher Scientific, Multiskan Go, 1510-05762-51119200, Japan) 650 nm dalga boyunda okutulmuştur. Analizde 6 adet standart (0, 0,005, 0,015, 0,03, 0,06, 0,1 µg/kg) kullanılmıştır. Standartların absorpsiyon değerleri sırasıyla (1,605, 1,496, 1,208, 0,775, 0,466, 0,294 µg/kg) belirlenmiştir. Sonuçlar Excel 2010 analizleri gerçekleştirilerek yapılmıştır.

Sağlık Risk Değerlendirmesi

Çevre kirleticilerin gıdalar üzerinde sadece kontaminasyon miktarlarının belirlenmesinden ziyade, halk sağlığında oluşturabileceği potansiyel risklerin değerlendirilmesi önem arz etmektedir (Yipel ve Yarsan 2021; Tutun ve ark. 2022). İnsan sağlığında risk değerlendirme gıda tüketimi yoluyla maruz kalınan ksenobiyotiklerin belli bir zamanda tüketilen miktarının belirlenmesiyle yapılmaktadır. Tehlike indeksi (Hazard Index, HI) ve günlük alım miktarı (Estimated daily intake, EDI) ile süt tüketimi şeklinde aşı-

ğdaki verilen denkleme göre insan sağlığı üzerinde potansiyel riski hesaplanmıştır (Tsakiris ve ark. 2013; Milićević ve ark. 2017). EDI ng/kg olarak ifade edilmektedir. AFM₁ tolere edilebilir günlük alım miktarı

(TDI) için 0,2 ng/ kg olarak verilmiştir. Yetişkin için günlük süt tüketimi yaklaşık olarak 500 ml/gün ve ortalama vücut ağırlığı 70 kg olarak belirlenmiştir (Kuiper-Goodman 1990; Nejad ve ark. 2019).

Denklemler:

$$\text{Günlük Alım Miktarı (EDI)} = \frac{\text{Ortalama AFM}_1 \times \text{Günlük Tüketim}}{\text{Ortalama vücut ağırlığı}} \times 1000$$

$$\text{Tehlike indeksi (HI)} = \frac{\text{Günlük alım miktarı (EDI)}}{\text{Günlük Tolerans düzeyi}}$$

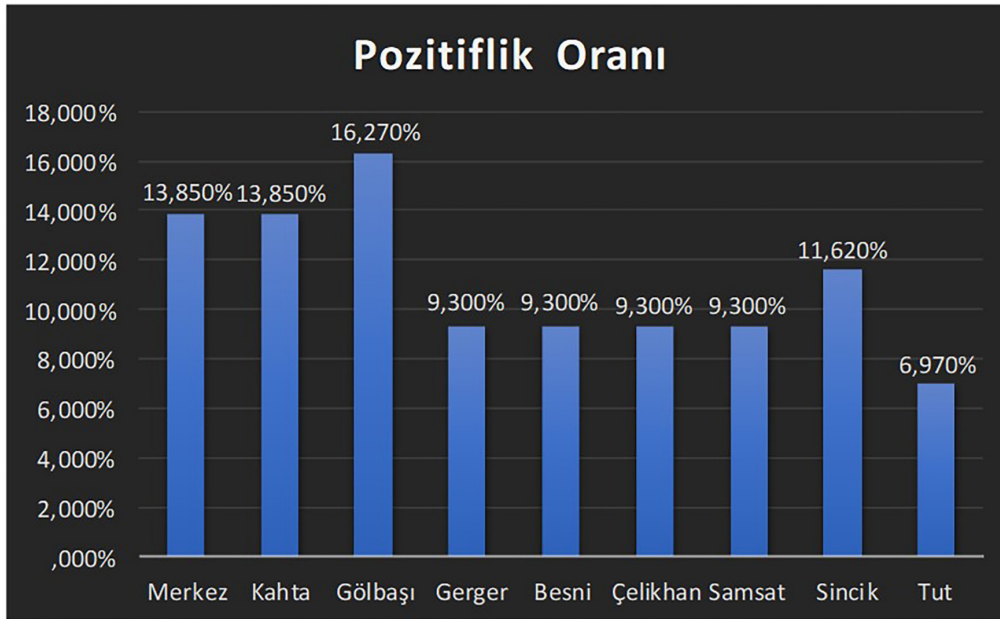
Bulgular

Çalışmada Adıyaman ilinde satışa sunulan çiğ sütlerde AFM₁ miktarları (tespit limiti (LOD) 0.0043 µg/kg olarak) belirtilmiştir. Veriler genel olarak değerlendirildiğinde 96 örnekten 43'ünün (%44,79) değişen miktarlarda AFM₁ içerdiği tespit edilmiştir. Analizi yapılan süt örnekleri içerdiği toksin yönünden dağılımı ise Tablo 1 'te verilmiştir. Türk Gıda Kodeksi (TGK) ve Avrupa Birliği tarafından belirlenen yasal limitin 0,05 µg/kg olduğu göz önünde bulundurulduğunda, çiğ süt örneklerinden 4'ünün (%4,16) yasal limitin üzerinde olduğu tespit edilmiştir (Türk Gıda

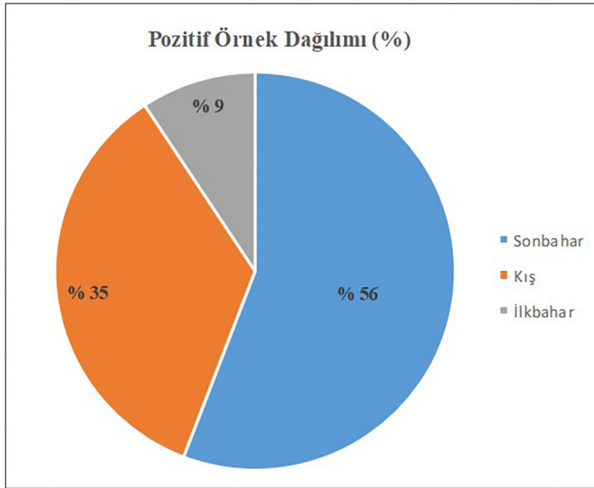
Kodeksi Yönetmeliği 2011; Maggira ve ark. 2021). Bu 4 örneğin 2'si Kahta bölgesinden alınan sokak sütlerini, 2 örnek ise Besni bölgesindeki işletmelerden alınan süt örnekleri oluşturmaktadır. Gölbaşı bölgesi 7 pozitif örnek ile yasal limiti geçmemesine rağmen en çok toksin varlığının olduğu bölge olarak belirlenmiştir. Bölgelere göre pozitif örneklerin dağılımı verilmiştir (Grafik 1). En çok pozitif örnek %56 sonbahar (24 örnek) ve en az ilkbahar mevsiminde %9 (4 örnek); %35 kışın (15 örnek) pozitif bulunmuştur (Grafik 2). Pozitif numunelerden ortalama AFM₁ ile yapılan günlük alım miktarıyla yapılan hesaplamada HI düzeyi 1 olarak belirlenmiştir.

Tablo 1. Örneklerdeki AFM₁'in Miktar ve Yüzde Olarak Dağılımı (µg/kg)

Toplam örnek sayısı	Negatif örnek sayısı	0,001-0,020	0,021-0,040	0,041-0,050	>0,050	AFM ₁ en fazla miktar	AFM ₁ pozitiflik (%)	Pozitif ortalama AFM ₁ miktarı
96	53	15	12	12	4	0,0546	%44,79	0,028



Grafik 1. Bölgelere Göre Pozitif Örneklerin Dağılımı



Grafik 2. Mevsimlere Göre Pozitif Örneklerin Dağılımı

Tartışma

Aflatoksin maruziyetine ilişkin verileri takip etmek ve uzun süreli maruziyetiyle insan sağlığı üzerindeki etkilerini kontrol etmek için çiğ sütte AFM₁ insidansının araştırılması gerekmektedir (Min ve ark. 2020). Adıyaman ilinde 2019 verilerine göre inek sütü üretimi (185.918 kg) diğer süt türlerinin üretimine göre daha fazla olduğundan bu çalışmada inek sütü kullanılmıştır (Ulusal Süt Konseyi 2022).

96 adet çiğ inek sütünde 4 örneğin TGK yasal sınırının üstünde olduğu; pozitif %44,79 (43 örnek) ve negatif %55,21 (53 örnek) tespit edilmiştir. Çalışmada süt örneğinde en fazla AFM₁ miktarı 0,0546 µg/kg şeklinde belirlenmiştir. Benzer araştırmalarda, İşleyici ve ark. (2015), Van'da 100 çiğ inek sütünde 85 pozitif örnekten (%85) 12 örneğin (%12) yasal limit değerlerini aştığını tespit etmişlerdir. Yurt ve Uluçay (2017), Iğdır'da 25 çiğ inek sütü örneğinde 0,46-0,018 µg/kg aralığında pozitif örnekler belirlenmişlerdir. Hazer (2011), Ege bölgesinde 81 adet çiğ süt örneğin 20 örneğinin TGK yasal sınırını aştığı ve 61 örneğin değişen miktarlarda AFM₁ içerdiğini ifade etmiştir. Özsunar ve ark. (2007), 135 çiğ süt örneğinde yaptıkları çalışmada 76 pozitif örnek ve 1 örnekte ise TGK yasal sınırını geçtiğini raporlamıştır. Ertaş ve ark. (2011) Kayseri'de ELISA yöntemiyle yaptıkları çalışmada 50 çiğ süt örneğinin %86 oranında (43 pozitif örnek) AFM₁ tespit etmişlerdir ancak yasal sınırı aşmadığı belirtilmiştir. Karadal ve ark. (2018), 30 çiğ inek sütüyle Niğde'de yaptıkları çalışmada %10 (3 pozitif örnek) örneğin yasal limitleri aştığını bildirmişlerdir.

Dünyada yapılan çalışmalarda Sudan'da Elzupir ve Elhussein (2010), yılında yaptığı bir çalışmada 44 inek sütünün 42'sinde (%95,45) AFM₁ bulmuşlardır. El Marnissi ve ark. (2012), yaptıkları çalışmada Fas'ta 48 süt örneğinde 13 numunede AFM₁ tespit ederken 4 örneğin yasal sınırın üzerinde olduğunu tespit etmişlerdir. Lübnan'da El Khoury ve ark. (2011), 64 süt örneğiyle yaptıkları çalışmada %40,62 oranında AFM₁ içerdiğini ifade etmişlerdir. Tomasevic ve ark. (2015), Sırbistan'da 628 çiğ süt örneğiyle yaptıkları çalışmada %56,3 oranında yasal sınırın üzerinde AFM₁ tespit etmişlerdir. Picinin ve ark. (2013), farklı iklim koşullarının aflatoksin üzerine etkisini araştırdığı çalışmada 129 çiğ süt örneğinin tamamının toksin içerdiğini ve yağışlı bölgelerde yaz döneminde aflatoksin varlığının özellikle daha fazla olduğunu ifade etmiştir.

Mevcut çalışmada çiğ sütlerde yapılan AFM₁ analizi sonucunda 0,028±0,026 µg/kg bulunmuştur. Çalışmada sokak satıcılarından alınan sütlerin tamamında (n=18) aflatoksin tespit edilmiştir. Sokak satıcılarından alınan sütler toplam pozitif örnekler (n=43) arasında 18 pozitif örnek ile %41,86'yı oluşturmaktadır. TGK yasal limitini aşan 4 örneğin %50 oranında sokak satıcılarından alınan süt örneği oluşturmaktadır. Özellikle sokakta satılan sütlerin üretimi ve depolanması esnasında hijyen ve mikrobiyolojik yaklaşımların uygun yapılmamasıyla ilişkilendirilebilmektedir. Ayrıca sokak sütlerinin rastgele hanelerden toplanmasıyla aflatoksin içeren ve içermeyen sütlerin birbirleriyle karışmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Sokak sütü olarak bilinen sütler genelde kırsal kesimlerden toplanılan süt örneklerinden oluşmaktadır. Kırsal alanlarda hayvanlar otların bittiği ilkbahar ve yaz mevsimi dışında entansif olarak beslenmesi tercih edilmektedir (Doğan 2012).

Süt ve süt ürünlerinde aflatoksin varlığı rasyona, yem saklama koşullarına, mevsime, besleme yöntemine ve hayvanların sağlık durumu gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Karaoğlu ve ark. 2022). TGK'nın yasal limitini aşan diğer iki örneğin ise yüksek oranda küf içeren hayvan yemi rasyonlarından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Adıyaman ili ve ilçelerinde il merkezinde 84.438, Çelikhhan'da 105.014, Sincik'te 67.738, Gerger'de 58.658, Besni'de 38.326, Kahta'da 34.942, Samsat'ta 21.450, Tut'ta 12.757 ve Gölbaşı'nda 1.332 hektar mera alanı bulunmaktadır (Adıyaman Gıda, Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü 2022). Besni mera bakımından son sıralarda yer almaktadır bu durum entansif beslenmeye uygun olmayan yem muhafaza koşullarından dolayı kontaminasyon riskini artırmaktadır.

7 pozitif örnek ile Gölbaşı ilçesinin en çok toksin içeren örneklerle sahip olması mera alanlarının çok kısıtlı olmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Entansif olarak yapılan yetiştiricilikte yem rasyonlarının iyi muhafaza edilmemesi durumunda aflatoksin kontaminasyonu meydana gelebilmektedir. Bölgeler arasındaki mera alanları dışında mevsimsel farklar da küf üremesini etkileyebilmektedir. Küflerin üreme koşullarının sıcaklık ve nem ile doğru orantılı olduğu bilinmektedir. Mevsimsel olarak en çok pozitif örnek (n=24) sonbahar Eylül-Ekim-Kasım aylarında belirlenmiştir (Grafik 2). Bu aylarda meradan ahırda beslemeye geçiş daha yoğun meydana gelmektedir. Taze otların bittiği mevsim koşullarının entansif beslemeye daha uygun olduğu bu dönemlerde yem depolarında küflenme riski de bulunmaktadır. Küflerin üreme koşullarının bu durumun nedeni olduğu düşünülmektedir. Aflatoksijenik küfler minimum 6-8 °C' maksimum 50-60 °C'de üreyebilmelerine rağmen toksin oluşumu için en az 10-13 °C ve en fazla 42 °C sıcaklık uygundur. Bunların uygun gelişme sıcaklıkları 35-38 °C olmasına rağmen maksimum toksin konsantrasyonuna 25-30°C de ulaşılmaktadır (Halkman 2022). Aflatoksin konsantrasyonları kış aylarında yaz aylarına kıyasla daha yüksek görülebilir (Fallah 2010). Kışın nem seviyeleri daha yüksek olmasına rağmen sıcaklık küf oluşumu için yeterli değildir bu bağlamda sonuçları eylül, ekim ve kasım aylarının hem sıcaklık hem de nem açısından aflatoksin üreten küfler için daha uy-

gun bir ortam sağlamasıyla açıklamak mümkündür. Sütteki AFM₁ düzeyi coğrafi koşullara ve mevsime göre değişiklik gösterebilmektedir. Ayrıca Mart-Nisan aylarında mevsime bağlı otların gelişmesiyle hayvanların depolanmış yemler yerine mera-çayır gibi yerlerde otlatıldığı göz önünde bulundurularak durum açıklanabilir. En yüksek aflatoksin konsantrasyonu kış ayında olması bu durum, bu mevsimde daha düşük süt üretiminin daha yüksek aflatoksin konsantrasyonlarına yol açmasına ve depolanan yemin küfle kirlenmesiyle açıklanabilir. Yaz mevsiminde üretilen sütün kış mevsiminde üretilen süttten daha az aflatoksin içerdiği açıklanmıştır (Filazi ve ark. 2010). Hindistan'da 2011 yılında 76 adet inek sütü örneklerinde AFM₁ varlığı üzerine yapılan bir çalışmada kış mevsiminde alınan örneklerin daha fazla aflatoksin içerdiğini bildirmişlerdir (Karaoğlan ve ark. 2022).

Aflatoksin ile küresel kalkınma arasında negatif bir korelasyon olduğu düşünülmektedir. Üretici ve tüketici bilinci, hijyen düzenlemelerine bağlılık ve bunlara uymayan işletmelere yönelik yaptırımlar gibi faktörler AFM₁ varlığını azaltmaktadır (Karaoğlan ve ark. 2022). Sosyoekonomik durum toplumun her alanını etkilediği özellikle bu durum insanların davranışları ve maddi durumları ile açıklanabilir. Tablo 2'te görüldüğü gibi dünyada ve ülkemizde AFM₁ varlığı göz önünde bulundurulurken toplumun AFM₁ yönünden risk altında olduğu görülmektedir.

Tablo 2. Ülkemizde ve farklı ülkelerde AFM1 ile ilgili yapılan bazı çalışmalar

Örnek	Örnek sayısı	Pozitif örnek sayısı	Tespit aralığı (µg/kg)	Ülke	Kaynak
Çiğ Süt	20	20	0,005-0,250	Türkiye	(Kireççi ve ark. 2007)
Süt	77	18	0,010-0,030	Arjantin	(Lopez ve ark. 2003)
Pastörize Süt	91	66	0,013-0,250	İran	(Fallah 2010)
Peynir	50	14	0,002-0,020	Türkiye	(Filazi ve ark. 2010)
Bebek Maması	62	5	0,005-0,018	Türkiye	(Kabak 2012)
Süt	38	26	0,021-0,418	Yemen	(Murshed 2020)
Beyaz Peynir	116	68	0,052-0,785	İran	(Fallah ve ark. 2009)
Süt	613	496	0,002-0,020	Kenya	(Kang'ethe ve Lang'a 2009)
Peynir	400	327	0,05-0,25	Türkiye	(Sarımehmetoğlu ve ark. 2004)
Pastörize Süt	85	75	0,001-0,090	Türkiye	(Çelik ve ark. 2005)
Pastörize Süt	16	12	0,01-0,05	Çin	(Guo ve ark. 2019)
Çiğ süt	50	43	0,001-0,03	Türkiye	(Ertas ve ark. 2011)
Çiğ süt	120	107	0,005-0,078	Türkiye	(Eker ve ark. 2019)
UHT Süt	78	24	0,004-0,127	Türkiye	(Köse ve ark. 2019)
Çiğ süt	52	52	0.029-2.159	Etiyopya	(Tadesse ve ark. 2020)

Ülkemizde yapılan araştırmalara göre süt ve süt ürünleri farklı konsantrasyonlarda AFM₁ içermektedir, hatta TGK yasal limitini bile aşmaktadır. Süte toksin bulaşmasıyla o süttten elde edilen süt ürünlerine de toksinler geçmektedir (Sharafi ve ark. 2022). Aflatoksin oranı yüksek olan sütlerin, özellikle de kırsal kesimden toplanan sütlerin insan sağlığına özellikle de çocuklar üzerinde uzun vadede ciddi etkileri olabilmektedir. Türkiye’de süt ve süt ürünlerinde AFM₁ varlığına ilişkin çalışmalar incelendiğinde AFM₁ düzeylerinin bölgeden bağımsız olarak farklılık gösterdiği görülmektedir. Ayrıca aynı ilde yapılan farklı çalışmalarda bile AFM₁ düzeyleri farklılık göstermektedir. Bu farklılık süt ürünlerinin türüne, yemlerdeki küf kontaminasyonuna, mevsime, numune alma noktalarında hijyen ve sanitasyon kurallarına verilen önem düzeyine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Karaoğlan ve ark. 2022).

Potansiyel risk değerlendirmesinde tehlike indeksinin HI > 1 tüketiciler için riskli olduğu ifade edilmiştir (Milićević ve ark. 2017). Pozitif numunelerden ortalama AFM₁ ile yapılan günlük alım miktarıyla yapılan hesaplamada HI düzeyi 1 olarak belirlenmiştir. Tsakiris ve ark. (2013), yaptıkları çalışmada AFM₁ ile risk değerlendirilmesinde en yüksek değerin 1-3 yaş aralığında olduğunu ifade etmişlerdir. Sharafi ve ark. (2022), yaptıkları çalışmada HI indeksini Türkiye için ortalama olarak 0,23 olarak belirlemişlerdir. Çalışmada değerlerin örneklerin konum ve büyüklüğü, süt veya süt ürünleri türü ve ölçüm tekniklerinin farklılığından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir (Sharafi ve ark. 2022). Mevcut çalışmada da Adıyaman ilinde ortalama olarak AFM₁ miktarının HI düzeyi potansiyel risk oluşturacak düzeyde bulunmamıştır.

Sonuç

Çalışmamızda 96 adet çiğ inek süt örneğinin 4 tanesi TGK yasal limitinin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Çalışmada 4 tanesi örneğin TGK yasal limitinin üzerinde olduğu ancak ortalama olarak AFM₁ miktarının HI düzeyi potansiyel risk oluşturacak düzeyde bulunmamıştır. Ülkemizde yapılan çalışmalar incelendiğinde AFM₁ varlığının yaygın görüldüğü anlaşılmaktadır. IARC tarafından Grup II kanserojen madde olarak tanımlanan AFM₁ ısıtma işlem uygulamalarıyla yok olmadığından çiğ süt ve ürünlerindeki miktarının belirlenmesi büyük öneme sahiptir. Gıda ve yemlerdeki mikotoksin kontaminasyonunu azaltmak amacıyla Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA), ABD Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) ve Gıda Tarım Örgütü (FAO) gibi birçok ulusal ve uluslararası organizasyon ve örgüt düzenleyici yönerge-

lerle bu küresel sorunu çözmeyi amaçlamaktadırlar. Ülkemizde TGK sütlerde AFM₁ için yasal sınırları belirlemiş olmasına rağmen açıkta veya sokakta satışa sunulan sütlere herhangi bir analiz uygulanmaması halk sağlığının korunması konusunda ciddi tehdit oluşturmaktadır. Çalışmamızda bulunan veriler örneklerin neredeyse yarısının toksinle kontamine olduğunu göstermektedir. Özellikle bağışıklık sistemi zayıf kişiler ve çocuklarda AFM₁ maruziyeti önem arz etmektedir. Aflatoksinlerin önlenmesi için yemlerin kontaminasyonu engellenmesi, halk ve üreticiler aflatoksinlerin zararları hakkında bilgilendirilmesi gerekmektedir. Piyasaya sürülen sütlere beraber özellikle sokak satıcıları tarafından satılan süt örneklerinin de belirli periyotlarda analize tabi tutulması ve kontamine olmuş sütlerin tüketime sunulmaması halk sağlığı açısından önem arz etmektedir.

Araştırmanın Etik Boyutu: Araştırma için Harran Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulundan 22.03.2021 tarih, 2021/003 Oturum no ve 01-04 karar numarası ile etik kurul iznine gerek yoktur yazısı alınmıştır.

Araştırma Desteği: Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 21119 proje numarası ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Adıyaman Gıda, Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü. (2017) 2017 Yılı Brifingi. Erişim adresi: <https://adiyaman.tarimorman.gov.tr>. Erişim tarihi: 02.03. 2022.
- Alamu EO, Gondwe T, Akello J, Sakala N, Munthali G, Mukanga M. (2018) Nutrient and aflatoxin contents of traditional complementary foods consumed by children of 6–24 months. *Food Sci Nutr*. 6(4):842. <https://doi.org/10.1002/FSN3.621>.
- Çelik TH, Sarımehtemioğlu B, Küplülü Ö. (2005) Aflatoxin M1 contamination in pasteurised milk. *Veterinarski arhiv*. 75(1): 57–65.
- Doğan E. (2012) Ardahan Yöresinden Toplanan Süt ve Kaşar Peynirlerinde Aflatoksin M1 Düzeylerinin Mevsimlere Göre Araştırılması. Doktora Tezi. Kafkas Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Kars.
- Eker FY, Muratoglu K, Eser AG. (2019) Detection of aflatoxin M 1 in milk and milk products in Turkey. *Environ. Monit. Assess*. 191:1-8.
- El Khoury A, Atoui A, Yaghi J. (2011) Analysis of aflatoxin M1 in Milk and Yogurt and AFM1 Reduction by Lactic Acid Bacteria Used in Lebanese Industry. *Food Control*. 22(10):1695-1699.
- El Marnissi B, Belkhou R, Morgavi D, Bennani L, Boudra H. (2012) Occurrence of Aflatoxin M1 in Raw Milk Collected from Traditional Dairies in Morocco. *Food Chem Toxicol*. 50(8):2819-2821.
- Elzupir A, Elhussein AM. (2010) Determination of Aflatoxin M1 in Dairy Cattle Milk in Khartoum State, Sudan. *Food Control*. 21(6):945-946.
- Ertas N, Gönülalan Z, Yıldırım Y, Karadal F. (2011) A Survey of Concentration of Aflatoxin M1 in Dairy Products Marketed in Turkey. *Food Control*. 22(12):1956-1959.

- Fallah AA, Jafari T, Fallah A, Rahnama M. (2009) Determination of Aflatoxin M1 Levels in Iranian White and Cream Cheese. *Food Chem Toxicol.* 47(8):1872-1875.
- Fallah AA. (2010) Aflatoxin M1 Contamination in Dairy Products Marketed in Iran During Winter and Summer. *Food Control.* 21(11):1478-1481.
- Filazi A, Ince S, Temamoğulları F. (2010) Survey of The Occurrence of Aflatoxin M1 in Cheeses Produced by Dairy Ewe's Milk in Urfa City, Turkey. *Ankara Üniv Vet Fak Derg.* 57(3):197-199.
- Guo L, Wang Y, Fei P, Liu J, Ren D. (2019) A survey on the aflatoxin M1 occurrence in raw milk and dairy products from water buffalo in South China. *Food Control.* 105: 159-163.
- Halkman A. (2022) Ankara Üniversitesi Açık Ders Malzemeleri. Erişim adresi: <https://acikders.ankara.edu.tr/course/view.php?id=121>. Erişim tarihi: 10. 01. 2022.
- Hazer A. (2011) Denizli ve Aydın İllerinde Elde Edilen Çiğ Sütlerde Aflatoxin M1 Prevalansı ve Miktarının Aranması. Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- İşleyici Ö, Sancak YC, Sancak H, Mercan Yücel U. (2015) Determination of Aflatoxin M1 Levels in Unpackaged Sold Raw Cow's Milk. *Van Veterinary Journal.* 2015;26(3):151-155.
- Kabak B. (2012) Aflatoxin M1 and ochratoxin A in Baby Formulae in Turkey: Occurrence and Safety Evaluation. *Food Control.* 26(1):182-187.
- Kang'ethe EK, Lang'a K. (2009) Aflatoxin B1 and M1 Contamination of Animal Feeds and Milk from Urban Centers in Kenya. *African Health Sci.* 9(4):218-226.
- Karadal F, Ertas Onmaz N, Hızlısoy H, Yıldırım Y, Al S, Gönülalan Z. (2018) Niğde İlindeki Çiğ Koyun, Keçi ve İnek Sütlerinde Aflatoxin M1 Düzeyleri. *Kocatepe Vet J.* 11(2):119-125.
- Karaoğlan H, Damla Yanık E, Tunç N. (2022) Ülkemizde ve Dünyada Süt ve Süt Ürünlerinde Aflatoxin M1 Varlığı. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi.* 53(1):81-87. <https://doi.org/10.54614/AUAF.2022.995228>.
- Kireççi E, Savaşçı M, Ayyıldız A. (2007) Sarıkamış'ta Tüketilen Süt ve Peynir Ürünlerinde Aflatoxin M1. *Turkish Journal of Infection.* 21(2):93-96.
- Köse SBE, Kocasarı FS, Bayezit M. (2019) Aflatoxin M1 in UHT cow milk samples collected in Burdur, Turkey. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi.* 7(1):1-7.
- Kubicová L, Predanociová K, Kádeková Z. (2019) The Importance of Milk and Dairy Products Consumption as a Part of Rational Nutrition. *Potr S J F Sci.* 13(1):234-243. <https://doi.org/10.5219/1050>.
- Kuiper-Goodman T. (1990) Uncertainties in the risk assessment of three mycotoxins: aflatoxin, ochratoxin, and zearalenone. *Can J Physiol Pharmacol.* 68(7):1017-1024.
- Lewis L, Onsongo M, Njapau H, Schurz-Rogers H, Luber G, Kieszak S. (2005) Aflatoxin Contamination of Commercial Maize Products during an Outbreak of Acute Aflatoxicosis in Eastern and Central Kenya. *Environ Health Perspect.* 113(12):1763-1767. <https://doi.org/10.1289/EHP.7998>.
- Lopez C, Ramos L, Ramadan S, Bulacio C. (2003) Presence of aflatoxin M1 in Milk for Human Consumption in Argentina. *Food Control.* 14(1):31-34.
- Maggira M, Ioannidou M, Sakaridis I, Samouris G. (2021) Determination of Aflatoxin M1 in Raw Milk Using an HPLC-FL Method in Comparison with Commercial ELISA Kits-Application in Raw Milk Samples from Various Regions of Greece. *Vet Sci.* 8(3):46. <https://doi.org/10.3390/vetsci8030046>.
- Miličević DR, Spirić D, Radičević T, Velebit B, Stefanović S, Milojević L. (2017) A review of the current situation of aflatoxin M1 in cow's milk in Serbia: risk assessment and regulatory aspects. *Food Addit Contam.* 2017;34(9):1617-1631.
- Min L, Li D, Tong X, Sun H, Chen W, Wang G. (2020) The challenges of global occurrence of aflatoxin M1 contamination and the reduction of aflatoxin M1 in milk over the past decade. *Food Control.* 117:107352. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2020.107352>.
- Murshed S. (2020) Evaluation and Assessment of Aflatoxin M1 in Milk and Milk Products in Yemen Using High-performance Liquid Chromatography. *J Food Qual.* (7):1-8
- Nejad ASM, Heshmati A, Ghiasvand T. (2019) The occurrence and risk assessment of exposure to aflatoxin M1 in ultra-high temperature and pasteurized milk in Hamadan province of Iran. *Osong public health res perspect.* 10(4):228.
- Özsunar A, Arıcı M, Gümüş T, Demirci M. (2007) Trakya Bölgesinde Üretilen İnek Sütlerinde Aflatoxin M1 Varlığı. Türkiye 9. Gıda Kongresi, Bolu-Türkiye.
- Pardakhti A, Maleki S. (2019) Risk Assessment of Aflatoxin M1 Contamination of Milk in Iran. *Int J Environ Res.* 13(2):265-271. <https://doi.org/10.1007/S41742-019-00172-1/TABLES/6>.
- Picinin L, Pinho M, Vargas E, Lana A, Toaldo I, Bordignon LM. (2013) Influence of Climate Conditions on Aflatoxin M1 Contamination in Raw Milk from Minas Gerais State, Brazil. *Food Control.* 31(2):419-424.
- Sarımehmetoğlu B, Kupulu O, Celik T. (2004) Detection of Aflatoxin M1 in Cheese Samples by ELISA. *Food Control.* 15(1):45-49.
- Sarma UP, Bhetaria PJ, Devi P, Varma A. (2017) Aflatoxins: Implications on Health. *Indian J Clin Biochem.* 32(2):124-133. <https://doi.org/10.1007/S12291-017-0649-2/TABLES/2>.
- Sharafi K, Matin BK, Omer AK. (2022) A worldwide systematic literature review for aflatoxin M1 in infant formula milk: Human health risk assessment by Monte Carlo simulation. *Food Control.* 134:108681.
- Tadesse S, Berhanu T, Woldegiorgis AZ. (2020) Etiyopya'nın Bishoftu kasabasında yerel ve endüstriyel üreticiler tarafından pazarlanan süt ve süt ürünlerinde Aflatoxin M1. *Food Control.* 118:107386.
- Tomašević I, Petrović J, Jovetić M, Raičević S, Milojević M, Miočinović J. (2015) Two Year Survey on The Occurrence and Seasonal Variation of Aflatoxin M1 in Milk and Milk Products in Serbia. *Food Control.* 56:64-70.
- Tsakiris IN, Tzatzarakis MN, Alegakis AK, Vlachou MI, Renieri EA, Tsatsakis AM. (2013) Risk assessment scenarios of children's exposure to aflatoxin M1 residues in different milk types from the Greek market. *Food and chemical toxicology.* 56:261-265.
- Tutun H, Aluç Y, Kahraman HA, Sevin S, Yipel M, Ekici H. (2022) The content and health risk assessment of selected elements in bee pollen and propolis from Turkey. *J Food Compos Anal.* 105:104234.
- Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği. (2011) Gıda Maddelerinde Belirli Bulaşanların Maksimum Seviyelerinin Belirlenmesi Hakkında Tebliğ. Resmi Gazete, Başbakanlık Basımevi. p. 28157.
- Ulusal Süt Konseyi. Dünya ve Türkiye'de Süt Sektör İstatistikleri. Erişim adresi: <https://ulusalsutkonseyi.org.tr>. Erişim tarihi: 12. 02. 2022.
- Yipel M, Yarsan E. (2014) A risk assessment of heavy metal concentrations in fish and an invertebrate from the Gulf of Antalya. *Bull Environ Contam Toxicol.* 93(5):542-548. <https://doi.org/10.1007/s00128-014-1376-5>.
- Yurt B, Uluçay B. (2017) İçirda Üretilen Sütlerin Bazı Kimyasal Özellikleri ve Aflatoxin M1 Miktarının Belirlenmesi. *Turkish Journal of Nature and Science.* 6(2):32-39.