

## Search for Aflatoxin M1 in Raw Milk and Butter Samples

Mohammed Nooruldeen Saeed HIZO<sup>1</sup>, Hasan SOLMAZ<sup>1</sup>, Miraç UÇKUN<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Karabük University, Faculty of Medicine, Department of Basic Medical Sciences, Karabük, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Adıyaman University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, Adıyaman, TÜRKİYE

ORCID ID: Mohammed Nooruldeen Saeed HIZO: <https://orcid.org/0000-0002-5898-9902>; Hasan SOLMAZ: <https://orcid.org/0000-0002-6225-7579>; Miraç UÇKUN: <http://orcid.org/0000-0002-9018-8515>

Received: 14.09.2024

Accepted: 21.11.2024

Published online: 15.12.2024

Issue published: 31.12.2024

**Abstract:** In this study, the presence of aflatoxin M1 (AFM1) in raw milk of cows, sheep, goats, buffalo, and cow butter offered for consumption in some settlements in Turkey and Iraq in the Spring of 2022 was investigated and, taking into account legal regulations, it was determined whether it poses a danger to human health. Toxin contents in milk were compared between these sampling points. In the study, 50 raw cow milk, 60 raw sheep milk, 30 raw goat milk, 30 raw buffalo milk, and 40 butter samples were collected and AFM1 presence was analyzed by ELISA method. It was observed that the AFM1 level in the dark and goat milk samples collected from Ankara was statistically significantly higher than those collected from Mosul but did not exceed the European Union and Turkish Food Codex (TFC) limits (50 ng/kg). AFM1 levels in buffalo milk and cow butter sampled from Mosul were observed to be statistically significantly higher than those sampled in Kayseri and Ankara, respectively, and exceeded the TFC limits. It was determined that the AFM1 level of cow milk samples from Ankara and Mosul exceeded the TFC limit. As a result, since the presence of AFM1 detected in buffalo milk, cow milk, and cow butter samples collected from Mosul and cow milk samples collected from Ankara is important for public health, agricultural products used as feed in these regions should be selected correctly, stored under appropriate conditions, routinely analyzed for aflatoxin, and strictly inspected. Furthermore, the organization of training programs on good agricultural practices aimed at educating livestock breeders and milk and dairy product producers and raising producer and consumer awareness are believed to safeguard public health.

**Keywords:** Mycotoxin, milk, butter, ELISA.

### Çiğ Süt ve Tereyağı Örneklerinde Aflatoxin M1 Aranması

**Öz:** Bu çalışmada, 2022 ilkbahar mevsiminde, Türkiye ve Irak'taki bazı yerleşim yerlerinde tüketime sunulan inek, koyun, keçi, manda çiğ sütlerinde ve inek tereyağında aflatoxin M1 (AFM1) varlığı araştırıldı ve yasal mevzuatlar dikkate alınarak insan sağlığı yönünden tehlike oluşturup oluşturmadığı belirlendi. Sütlerdeki toksin içerikleri, bu örnekleme noktaları arasında karşılaştırıldı. Çalışmada, 50 adet çiğ inek sütü, 60 adet çiğ koyun sütü, 30 adet çiğ keçi sütü, 30 adet çiğ manda sütü ve 40 adet tereyağı örneği toplanarak AFM1 varlığı ELISA yöntemi ile analiz edildi. Ankara'dan toplanan koyu ve keçi sütü örneklerindeki AFM1 düzeyinin, Musul'dan toplananlara göre istatistiksel olarak önemli düzeyde yüksek olduğu, ancak Avrupa Birliği ve Türk Gıda Kodeksi (TGK) limitini (50 ng/kg) aşmadığı görüldü. Musul'dan örneklenen manda sütü ve inek tereyağındaki AFM1 düzeylerinin, sırasıyla Kayseri ve Ankara'da örneklenenlere göre istatistiksel olarak önemli düzeyde yüksek olduğu ve TGK limitlerini aştığı gözlemlendi. İnek sütü örneklerinden ise Ankara ve Musul'dan örneklenenlerin AFM1 düzeyinin TGK limitini aştığı tespit edildi. Sonuç olarak, Musul'dan toplanan manda sütü, inek sütü ve inek tereyağı ile Ankara'dan toplanan inek sütü örneklerinde tespit edilen AFM1 varlığının halk sağlığı açısından önemli olması nedeniyle, bu bölgelerde, yem olarak kullanılan tarımsal ürünlerin doğru seçimi, uygun koşullarda muhafaza edilmesi, rutin olarak aflatoxin yönünden analiz edilmesi ve sıkı bir şekilde denetlenmesi gerekmektedir. Ayrıca, besi yetiştiriciliği yapan kişiler ile süt ve süt ürünleri üreticilerinin bilgilendirilmesine yönelik iyi tarım uygulamaları konusunda eğitim programları düzenlenerek üretici ve tüketici bilincinin artırılması sonucu halk sağlığının korunacağı düşünülmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Mikotoksin, süt, tereyağı, ELISA.

#### 1. Giriş

Süt, yaşamın ilk yıllarından itibaren insan sağlığının gelişmesi ve korunması için gerekli birçok besin maddesini içeren, besleyiciliği yüksek bir besindir. Bilimsel araştırmalar, sütün aynı zamanda çevresel ve gıda kirlenmelerinin taşıyıcısı olabileceğini, bunların da sağlık üzerindeki olası olumsuz etkilerini göstermiştir. Sütte bulunan mikroorganizmalar ve metabolitleri, doğum yapan memelilerin sıvılarına ve dokularına geçerek sağlığa zarar verebilmektedir (De Souza vd., 2021). İnsan ve hayvan tüketimine yönelik tarım ürünleri, mikotoksinler adı verilen ikincil toksik mantar metabolitleri ile kontamine olabilir. Kirlenme, hasattan

önce veya hasat sırasında veya uygun şekilde depolanmadıklarında (yani yetersiz sıcaklık ve nem koşulları) meydana gelebilir. Hayvan yemlerinde oluşan mikotoksinler, insan tüketimi için gıda üretiminde kullanılan hayvan dokularına veya sıvılarına ulaşabilmektedir. Kirlenmiş gıda ve yemler, insanlarda ve hayvanlarda çeşitli sağlık sorunlarına ve ekonomik kayıplara neden olabilir. Aynı gıdada farklı mikotoksinlerin aynı anda ortaya çıkması muhtemeldir. Bunun nedeni, bir tür mantarın birkaç mikotoksin üretebilmesi ve sıklıkla istila edilmiş bir substratın çeşitli küf türleri içermesidir. Tek bir üründen birkaç mikotoksinin birlikte ortaya çıkması durumunda, katkı maddesi veya

sinerjik toksik etkiler beklenebilir (Flores-Flores vd., 2017). Aflatoksinler, hayvanlar ve insanlar üzerindeki kanserojen ve hepatotoksik etkileri nedeniyle en önemli mikotoksinler olarak kabul edilir. Aflatoksinler başta *Aspergillus flavus*, *Aspergillus nomius* ve *Aspergillus parasiticus* türlerine ait olanlar olmak üzere *Aspergillus* cinsindeki bazı mantar türleri tarafından sentezlenen toksik, ikincil metabolitlerdir (De Souza vd., 2021). Çeşitli aflatoksin türleri arasında, gıda maddelerinin doğal kontaminantları olarak en sık rastlananları aflatoksin B1 (AFB1), B2 (AFB2), G1 (AFG1) ve G2 (AFG2)'dir. AFB1 en yüksek toksisiteye sahipken, bu toksin ayrıca Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı tarafından 1. grup kanserojen olarak sınıflandırılmaktadır. Ayrıca AFM1 ve AFM2 sırasıyla AFB1 ve AFB2'nin hepatik biyotransformasyonu ile üretilir ve hayvanlardan idrar ve süt yoluyla atılabilir (De Souza vd., 2021). AFM1, süt ve süt ürünlerinde de standarttan daha yüksek tespit edilmiştir. Bu, birçok gelişmekte olan ülke insanının aflatoksin kontaminasyonu tehlikesiyle karşı karşıya olduğunu göstermektedir (Negash, 2018). Aflatoksinlerin gıdalara kontaminasyonu; direkt, indirekt ve taşınma olmak üzere 3 şekilde gerçekleşmektedir. Direkt kontaminasyon, gıdada mikotoksin üreten küfün gelişmesi ve mikotoksin oluşmasıyla gerçekleşir. İndirekt kontaminasyon ise hammaddelere veya yardımcı maddelere mikotoksin bulaşması ve bunların gıda üretiminde kullanılmasıyla meydana gelmektedir. Taşınma (kalıntı-carry over) ile kontaminasyon (röle kontaminasyonu), AFB1 bulaşmış yemlerle beslenen laktasyon dönemindeki hayvanların vücutlarına aldıkları bu toksinleri metabolize ederek AFM1 şeklinde süte geçmesiyle meydana gelmektedir (Karaoğlu vd., 2022). Süt ve süt ürünleri, AFM1 gibi sağlığı tehdit eden elementleri insan diyetine sokma potansiyeline sahiptir (Mehenktaş, 2019). Toksin, AFB1'in ilk alımından 12-24 saat sonra süte tespit edilebilir. AFB1 uygulaması durdurulduğunda, sütteki AFM1 konsantrasyonu 72 saat sonra tespit edilecek seviyeden düşer (Rahimi vd., 2010). Aflatoksinler, akut zehirlenme (aflatoksikoz), hepatosellüler karsinom, çocuklarda büyüme bozukluğu ve bağışıklık baskılamadan sorumludur.

AFM1, süt ve süt ürünlerinde nispeten stabildir. Çünkü yüksek sıcaklıklarda pastörizasyon ve sterilizasyon gibi işleme prosedürleriyle veya tuz ilavesi ile yok edilemez. Aflatoksinlerin sağlığı tehdit edici etkileri nedeniyle, birçok gelişmiş ülke gıda maddelerinde maksimum AFM1 konsantrasyonları belirlerken, çoğu gelişmekte olan ülke hala ABD Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) ve Avrupa dahil olmak üzere düzenleyici kurumlar tarafından belirlenen yasal kısıtlamalara, izin verilen maksimum AFM1 seviyelerine güvenmektedir (Özkan & Onmaz, 2019; Ghaffarian Bahraman vd., 2020). Avrupa Topluluğuna (Avrupa Komisyonu) ve Codex Alimentarius Komisyonuna (CAC) göre, süt ve süt ürünlerinde maksimum AFM1 seviyesi 50 ng/kg'ı geçmemelidir (Karimi Dehcheshmeh vd., 2021). Aflatoksin kontaminasyonunun yaygın olarak görülmesi ve zararlı etkileri nedeniyle süte aflatoksin M1'in saptanmasına ve ölçülmesine ihtiyaç vardır. Bu çalışma, Türkiye ve Irak'tan toplanan çiğ süt ve tereyağı örneklerinde AFM1 varlığının ve miktarının saptanması ve Türk Gıda Kodeksi tarafından belirlenen limit değere (50 ng/kg) uygunluğunun belirlenmesi amacıyla tasarlanmıştır. Bu

çalışmanın sonuçları, iki farklı ülkede önemli ekonomik değere sahip olan ve bolca tüketilen bu süt ürünlerinin insan sağlığı yönünden tehlike oluşturup oluşturmadığı konusunda literatüre katkı sağlamaktadır. Ayrıca bu çalışma, örnekleme yaptığımız bölgelerdeki üreticilere çiğ süt ve tereyağı üretimine yönelik bazı tedbirlerin alınması yönünde bir farkındalık oluşturma niteliğindedir. Bu farkındalık, bundan sonraki üretim yöntemlerinde halk sağlığının korunması adına mevcut durumun iyileştirilmesi yönünde bazı adımların atılmasına zemin hazırlayacaktır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Süt Örneklerinin Temini

Bu çalışmada, 2022 yılı ilkbahar döneminde, 60 adet çiğ koyun sütü, 50 adet çiğ inek sütü, 30 adet çiğ manda sütü, 30 adet çiğ keçi sütü ve 40 adet inek tereyağı örneği, Türkiye (Ankara, Bursa, Kayseri) ve Irak'ta (Musul) bulunan mandıralardan temin edildi. Süt (50 ml) ve tereyağı (100 g) örnekleri, steril kapaklı falkon tüpler içinde, +4°C'lik soğuk zincirde laboratuvara getirildi ve -17°C'de buzdolabında muhafaza edilerek en kısa sürede analiz edildi.

### 2.2. Süt Örneklerinin Aflatoksin M1 Analizi

Süt örneklerinde AFM1 varlığı ve düzeyi kompetitif ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay) yöntemi ile ROMER LABS tarafından verilen prosedüre göre AgraQuant® Aflatoksin M1, High Sensitivity 10002120 Elisa test kiti kullanılarak tespit edildi. Kullanılan test kitinin ölçme limiti 5 ppt ve geri alma oranı süt için ortalama %95'tir. Sonuçların değerlendirilmesi, ROMER LABS tarafından hazırlanan "Spreadsheet" adlı bilgisayar paket programı kullanılarak yapıldı. Bu paket programının değerlendirme prensibi şu şekildedir: Standart ve örnekler için elde edilen absorbans değerlerinin ortalama değerleri, sıfır standardın absorbans değeri ile bölünür ve sıfır standart, 1'e eşit hale getirilir (Tablo 1). Standartlar için hesaplanan değerler, semilogaritmik grafik kağıdı üzerine ng/L (ppt) cinsinden AFM1 konsantrasyonuna karşı koordinatlar sistemine girilerek standart eğri ve bu standart eğriye ait denklem elde edilir. Bu denklem üzerinden analiz edilen her bir örneğin AFM1 konsantrasyonu ng/L cinsinden hesaplanır. Homojen olarak karıştırılmış her bir süt örneğinden 5 ml süt alınarak 10°C'de, 3500 devirde, 10 dakika süreyle santrifüje edildikten sonra tüpün üstündeki yağ tabakası pastör pipeti ile çekilerek alındı. Yağı alınmış bu süt testte direkt olarak kullanıldı (İşleyici vd., 2012).

### 2.3. Tereyağı Örneklerinin Aflatoksin M1 Analizi

ELISA'nın gıdalarda aflatoksin M1 analizi için güvenilir bir yöntem olduğu rapor edilmiştir (Türkoğlu, 2018; Merve & Ocağ, 2019). Çalışmada, analiz edilen tereyağı örneklerinin ekstraksiyon prosedürü kullanılan test kitindeki (ROMER LABSAgraQuant® Aflatoksin M1, High Sensitivity 10002120) üretici firma talimatlarına göre gerçekleştirildi. Çalışma kapsamında, ilgili mandıralardan çiğ süttten elde edilmiş tereyağları kullanıldı. 37°C'ye ayarlanmış su banyosunda (Nüve®, BM401, Türkiye) eritilen 5 gr yağ örneğine 25 mL (%70'lik) metanol ilave edilerek 40°C sıcak su banyosunda, 10 dakika inkübe edildi. Daha sonra, karışım oda sıcaklığında yavaşça 10

dakika karıştırılarak ekstrakte edildi. Ekstrakt, filtre kağıdından (Whatman No:1, 125 mm) süzülür ve 5 mL süzölmüş çözeltiye 15 mL damıtılmış su ve 0.25 mL Tween-20 ilavesinden sonra 2 dakika homojenize edildi. Homojenizasyon işleminden sonra, bu karışım tekrar filtre edildi (Whatman No:1, 125 mm) ve elde edilen özütün 100 µL'si AFM1 analizi için testte kullanıldı. Örneklerin analiz edilmesi ve sonuçların değerlendirilmesi için standart solüsyonlar (0, 5, 10, 25, 50 ve 100 ppt konsantrasyonda AFM1 içeren solüsyonlar) ve hazırlanan süt örnekleri için yeterli sayıda kuyucuk hesaplandı. Standart solüsyonların ve hazırlanan örneklerin her birinden otomatik pipet ile 100 µL alınarak kuyucuklara aktarıldı ve oda ısısında (20-25°C) ve karanlık ortamda 45 dakika bekletildi. Daha sonra kuyucuklardaki sıvı boşaltılıp, kuyucuklara 8 uçlu otomatik pipet yardımıyla 300 µL yıkama solüsyonu eklenerek beş defa yıkandı. Yıkanan her bir kuyucuğa 8 uçlu otomatik pipet yardımıyla 100 µL enzim konjugat solüsyonu ilave edildi ve tekrar oda ısısında (20-25°C) ve karanlıkta 15 dakika bekletildikten sonra 96 kuyucuklu plaka yıkama solüsyonu ile beş defa yıkandı. Her bir kuyucuğa sırayla 100 µL substrat 8 uçlu pipet yardımıyla pipetlendikten sonra nazikçe karıştırıldı ve 15 dakika oda ısısında ve karanlıkta bekletildi. Son olarak her bir kuyucuğa 100 µL durdurma solüsyonu ilave edilerek iyice karıştırıldı ve ELISA okuyucuda (Thermo Scientific™ Multiskan™ FC Microplate) 450 nm'de 60 dakika içinde okutularak sonuçlar RomerLabsSpreadsheet ile değerlendirildi (Azam vd., 2021; Matabaro vd., 2017). Elde edilen sonuçlar, Avrupa Birliği ve Türk Gıda Kodeksi tarafından belirlenen limit değeri (50 ng/kg) ile kıyaslandı.

#### 2.4. İstatistiksel Analizler

Analizler sonucunda farklı örnekleme noktalarından elde edilen veriler arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde bir ilişki olup olmadığını ortaya koymak için varyans analizi (Tukey) ve t testinden yararlanıldı (İşleyici et al., 2012). Analizlerde SPSS 24.0 paket programı kullanıldı.

### 3. Bulgular

Örnekleme noktalarından temin edilen ve analizi yapılan çığ koyun sütü örneklerinde AFM1 konsantrasyonu 1.07-20.62 ng/L arasında bulundu. ELISA analiz sonuçlarına göre 60 çığ koyun sütü örneğinin tamamı çığ süt tebliğine uygunluk arz etmektedir. Analiz sonuçlarına göre 50 çığ inek sütü örneğinden 34 tanesindeki AFM1 konsantrasyonu 5-50 ng/L aralığında bulundu. Bu konsantrasyonlar, TKG (<50 ng/L, TKG maksimum limit değeri) maksimum limit değerinin altında olması nedeniyle çığ süt tebliğine uygunluk arz etmektedir. 50 çığ inek sütü örneğinden 16 tanesindeki AFM1 konsantrasyonunun ise TKG maksimum limitin üzerinde çıktığı tespit edildi. Manda sütü örneklerinde, AFM1 miktarları 5.50-95.60 ng/L aralığında bulundu. Analiz sonuçlarına göre, 30 çığ manda sütü örneğinden 20 tanesi, AFM1 konsantrasyonu maksimum limit değerinin altında olması nedeniyle çığ süt tebliğine uygunluk arz etmektedir. 50 çığ manda sütü örneğinden 10 tanesindeki AFM1 konsantrasyonu ise maksimum limitin üzerinde bulundu. Çığ keçi sütü örneklerinde AFM1 miktarları 1.31-14.99 ng/L aralığında tespit edildi. Buna göre, 30 çığ

keçi sütü örneğinin tamamı çığ süt tebliğine uygunluk arz etmektedir. İnek tereyağı örneklerinde AFM1 miktarları 5.76-51.75 ng/L aralığında bulundu. Analiz sonuçlarına göre, 40 inek tereyağı örneğinden 32 tanesi çığ süt tebliğine uygunluk arz etmektedir. 8 örnekteki AFM1 konsantrasyonu ise maksimum limitin üzerinde çıkmıştır.

Bölgeler arası kıyaslama yapılacak olursa; TR-Ankara-Ayaş örnekleme noktasından elde edilen koyun sütü örneklerindeki AFM1 düzeyinin TR-Ankara-Elmadağ-Hasanoğlan noktaları ve Irak'tan alınanlara göre istatistiksel olarak önemli düzeyde yüksek olduğu tespit edildi ( $p<0.001$ ). Koyun çığ süt örneklerinin toplandığı Irak'taki örnekleme noktaları (Telefer, Musul, Karakoyun Köyü ve Aljazira) arasında ise istatistiksel olarak önemli bir fark görülmedi ( $p>0.05$ ) (Tablo 2.a ve Şekil 1). TR-Ankara-Elmadağ-Hasanoğlan örnekleme noktasından elde edilen inek sütü örneklerindeki AFM1 düzeyinin diğer örnekleme noktalarından alınan inek sütü örneklerindeki AFM1 düzeyine göre istatistiksel olarak önemli düzeyde yüksek olduğu tespit edildi ( $p<0.001$ ). Ayrıca, TR-Ankara-Mamak-Bayındır ve IR-Musul-Karakoyun Köyü örnekleme noktalarından alınan inek sütü örneklerindeki AFM1 düzeylerinin, TR-Ankara-Bala ve IR-Telefer örnekleme noktalarından alınanlara göre önemli düzeyde yüksek olduğu istatistiksel olarak ( $p<0.001$ ) belirlenirken, Ankara-Mamak-Bayındır ve IR-Musul-Karakoyun Köyü örnekleme noktaları arasında AFM1 düzeyleri bakımından istatistiksel olarak önemli bir fark görülmedi ( $p>0.05$ ). Bununla birlikte, TR-Ankara-Bala ve IR-Telefer örnekleme noktaları arasında da AFM1 düzeyleri bakımından istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmedi ( $p>0.05$ ) (Tablo 2.a ve Şekil 2). Irak'taki tek örnekleme noktası olan IR-Musul'dan elde edilen manda sütü örneklerindeki AFM1 düzeyinin diğer örnekleme noktalarından alınanlara göre istatistiksel olarak önemli düzeyde yüksek olduğu tespit edildi ( $p<0.001$ ). TR-Bursa örnekleme noktasından elde edilen manda sütü örneklerindeki AFM1 düzeyinin TR-Kayseri örnekleme noktasından elde edilenlere göre istatistiksel olarak önemli düzeyde yüksek olduğu tespit edildi ( $p<0.01$ ) (Tablo 2.b ve Şekil 3). TR-Ankara-Ayaş örnekleme noktasından elde edilen keçi sütü örneklerindeki AFM1 düzeyinin diğer örnekleme noktalarından alınan keçi sütü örneklerindeki AFM1 düzeyine göre istatistiksel olarak önemli düzeyde yüksek olduğu tespit edildi ( $p<0.001$ ). Bununla birlikte, IR-Telefer örnekleme noktasından toplanan keçi sütü örneklerindeki AFM1 düzeyinin, istatistiksel olarak TR-Ankara-Ayaş örnekleme noktasına göre önemli düzeyde düşük ( $p<0.001$ ), IR-Musul örnekleme noktasından toplanan keçi sütü örneklerindeki AFM1 düzeyine göre yüksek olduğu belirlendi ( $p<0.001$ ) (Tablo 2.b ve Şekil 4). IR-Musul-Karakoyun Köyü örnekleme noktasından temin edilen inek tereyağı örneklerindeki AFM1 düzeyinin diğer örnekleme noktalarından alınanlara göre istatistiksel olarak önemli düzeyde yüksek olduğu tespit edildi ( $p<0.001$ ). Bununla birlikte, diğer örnekleme noktaları olan TR-Ankara-Ayaş, TR-Ankara-Elmadağ-Akçaali ve TR-Ankara-Mamak-Bayındır'dan toplanan inek tereyağı örneklerindeki AFM1 düzeyleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmedi ( $p>0.05$ ) (Tablo 2.c ve Şekil 5).

Tablo 1.AFM1 analizinde kullanılan standartların absorbans değerlerine göre elde edilen referans aralıkları.

Table 1. Reference ranges obtained according to absorbance values of the standards used in AFM1 analysis.

| Standart | Standart Konsantrasyonları (ng/L) | Ortalama Absorbans Değeri | Log Konsantrasyonları | B/Bo  |
|----------|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------|-------|
| 1        | 0                                 | 0.786                     |                       | 1.000 |
| 2        | 5                                 | 0.577                     | 0.699                 | 0.734 |
| 3        | 10                                | 0.475                     | 1.000                 | 0.605 |
| 4        | 25                                | 0.344                     | 1.398                 | 0.437 |
| 5        | 50                                | 0.245                     | 1.699                 | 0.311 |
| 6        | 100                               | 0.147                     | 2.000                 | 0.188 |

Tablo 2.a. Çiğ koyun ve inek süt örneklerinde aflatoksin M1 konsantrasyonu ve dağılımı.

Table 2.a. Concentration and distribution of aflatoxin M1 in raw sheep and cow milk samples.

| Analiz Edilen Örnek | Ülke           | Örneklem Noktaları             | Konsantrasyon AFM1 (ng L <sup>-1</sup> ) |       |          | Örneklerdeki AFM1 dağılımı/(%) |           |           | Pozitif n | Limiti Aşan n |           |
|---------------------|----------------|--------------------------------|--|-------|----------|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|---------------|-----------|
|                     |                |                                | Ortalama                                 | Min.  | Maks.    | TE                             | < 5       | 5-50      |           |               | > 50      |
| Koyun Sütü (n=60)   | Türkiye (n=20) | Ankara-Ayaş                    | 11.23±1.40                               | 6.40  | 20.62    | -                              | -         | 10 (%100) | -         | 10 (%100)     | -         |
|                     |                | Ankara-Elmadağ-Hasanoğlan Köyü | 6.74±0.47                                | 4.28  | 10.09    | -                              | 1 (%10)   | 9 (%90)   | -         | 10 (%100)     | -         |
|                     |                | TÜRKİYE                        | 8.98±0.88                                | 4.28  | 20.62    | -                              | 1 (%5)    | 19 (%95)  | -         | 20 (%100)     | -         |
|                     |                | Telefer                        | 2.65±0.29                                | 1.52  | 3.76     | -                              | 10 (%100) | -         | -         | 10 (%100)     | -         |
|                     | Irak (n=40)    | Musul                          | 2.29±0.32                                | 1.07  | 3.78     | -                              | 10 (%100) | -         | -         | 10 (%100)     | -         |
|                     |                | Musul-Karakoyun Köyü           | 3.08±0.13                                | 2.63  | 3.65     | -                              | 10 (%100) | -         | -         | 10 (%100)     | -         |
|                     |                | Musul-Aljazira                 | 3.63±0.17                                | 2.60  | 4.70     | -                              | 10 (%100) | -         | -         | 10 (%100)     | -         |
|                     |                | IRAK                           | 2.91±0.14                                | 1.07  | 4.70     | -                              | 40 (%100) | -         | -         | 40 (%100)     | -         |
| TOPLAM              | 4.94±0.48      | 1.07                           | 20.62                                    | -     | 41 (%68) | 19 (%32)                       | -         | 60 (%100) | -         |               |           |
| İnek Sütü (n=50)    | Türkiye (n=30) | Ankara-Bala                    | 15.23±0.49                               | 12.88 | 17.42    | -                              | -         | 10 (%100) | -         | 10 (%100)     | -         |
|                     |                | Ankara-Elmadağ-Hasanoğlan Köyü | 70.44±3.20                               | 53.58 | 86.71    | -                              | -         | -         | 10 (%100) | 10 (%100)     | 10 (%100) |
|                     |                | Ankara-Mamak-Bayındır          | 43.01±1.31                               | 38.08 | 51.08    | -                              | -         | 9 (%90)   | 1 (%10)   | 10 (%100)     | 1 (%10)   |
|                     | TÜRKİYE        | 42.89±4.33                     | 12.88                                    | 86.71 | -        | -                              | 19 (%63)  | 11 (%37)  | 30 (%100) | 11 (%37)      |           |
|                     | Irak (n=20)    | Musul-Karakoyun Köyü           | 50.41±3.08                               | 38.30 | 65.89    | -                              | -         | 5 (%50)   | 5 (%50)   | 10 (%100)     | 5 (%50)   |
|                     |                | Telefer                        | 8.40±0.69                                | 5.30  | 12.40    | -                              | -         | 10 (%100) | -         | 10 (%100)     | -         |
|                     |                | IRAK                           | 29.40±5.06                               | 5.30  | 65.89    | -                              | -         | 15 (%75)  | 5 (%25)   | 20 (%100)     | 5 (%50)   |
| TOPLAM              | 37.50±3.39     | 5.30                           | 86.71                                    | -     | -        | 34 (%68)                       | 16(%32)   | 50 (%100) | 16(%32)   |               |           |

Tablo 2.b. Çiğ manda ve keçi süt örneklerinde aflatoksin M1 konsantrasyonu ve dağılımı.

Table 2.b. Concentration and distribution of aflatoxin M1 in raw buffalo and goat milk samples

| Analiz Edilen Örnek | Ülke           | Örneklem Noktaları | Konsantrasyon AFM1 (ng L <sup>-1</sup> ) |       |       | Örneklerdeki AFM1 dağılımı/(%) |           |           |           | Pozitif n | Limiti Aşan n |
|---------------------|----------------|--------------------|--|-------|-------|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------|
|                     |                |                    | Ortalama                                 | Min.  | Maks. | Örnek Tipi                     |           |           |           |           |               |
|                     |                |                    |  |       |       | TE                             | < 5       | 5-50      | > 50      |           |               |
| Manda Sütü (n=30)   | Türkiye (n=20) | Kayseri            | 6.44±0.64                                | 5.50  | 7.18  | -                              | -         | 10 (%100) | -         | 10 (%100) | -             |
|                     |                | Bursa              | 8.94±2.00                                | 7.34  | 12.34 | -                              | -         | 10 (%100) | -         | 10 (%100) | -             |
|                     |                | TÜRKİYE            | 7.69±1.94                                | 5.50  | 12.34 | -                              | -         | 20 (%100) | -         | 20 (%100) | -             |
|                     | Irak (n=10)    | Musul              | 91.19±2.80                               | 87.78 | 95.60 | -                              | -         | -         | 10 (%100) | 10 (%100) | 10 (%100)     |
|                     |                | IRAK               | 91.19±2.80                               | 87.78 | 95.60 | -                              | -         | -         | 10 (%100) | 10 (%100) | 10 (%100)     |
|                     |                | TOPLAM             | 35.52±7.32                               | 5.50  | 95.60 | -                              | -         | 20 (%67)  | 10 (%33)  | 30 (%100) | 10 (%33)      |
| Keçi Sütü (n=30)    | Türkiye (n=10) | Ankara-Ayaş        | 12.72±0.44                               | 11.09 | 14.99 | -                              | -         | 10 (%100) | -         | 10 (%100) | -             |
|                     |                | TÜRKİYE            | 12.72±0.44                               | 11.09 | 14.99 | -                              | -         | 10 (%100) | -         | 10 (%100) | -             |
|                     | Irak (n=20)    | Musul              | 1.94±0.12                                | 1.31  | 2.57  | -                              | 10 (%100) | -         | -         | 10 (%100) | -             |
|                     |                | Telefer            | 6.01±0.76                                | 3.52  | 8.48  | -                              | 5 (%50)   | 5 (%50)   | -         | 10 (%100) | -             |
|                     |                | IRAK               | 3.98±0.60                                | 1.31  | 8.48  | -                              | 15(%75)   | 5 (%25)   | -         | 20 (%100) | -             |
|                     |                | TOPLAM             | 6.89±0.87                                | 1.31  | 14.99 | -                              | 15 (%50)  | 15 (%50)  | -         | 30 (%100) | -             |

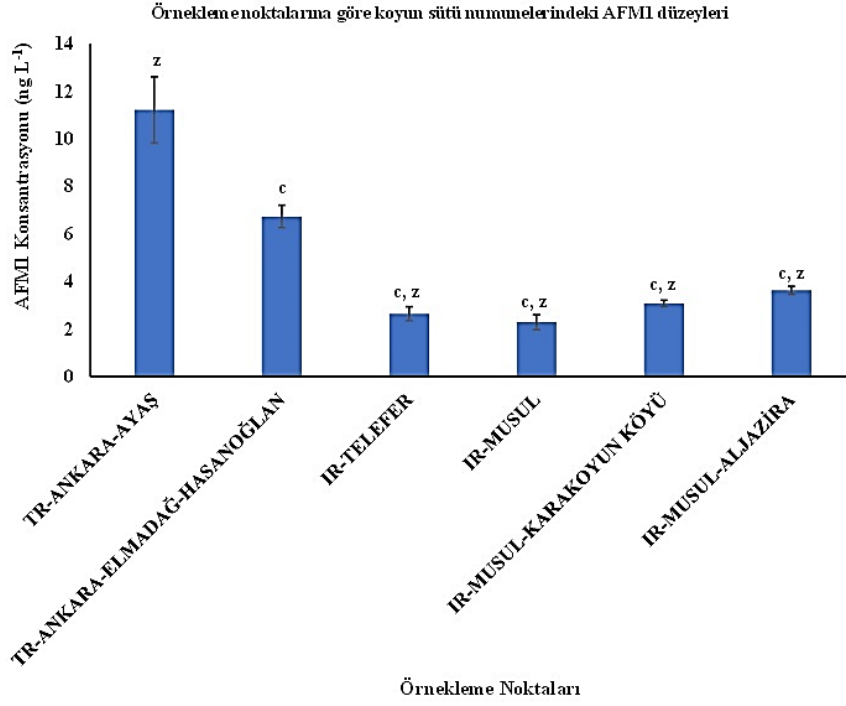
Tablo 2.c. İnek tereyağı örneklerinde aflatoksin M1 konsantrasyonu ve dağılımı.

Table 2.c. Concentration and distribution of aflatoxin M1 in cow butter samples.

| Analiz Edilen Örnek  | Ülke           | Örneklem Noktaları     | Konsantrasyon AFM1 (ng L <sup>-1</sup> ) |       |       | Örneklerdeki AFM1 dağılımı/(%) |     |           |         | Pozitif n | Limiti Aşan n |
|----------------------|----------------|------------------------|--|-------|-------|--------------------------------|-----|-----------|---------|-----------|---------------|
|                      |                |                        | Ortalama                                 | Min.  | Maks. | Örnek Tipi                     |     |           |         |           |               |
|                      |                |                        |  |       |       | TE                             | < 5 | 5-50      | > 50    |           |               |
| İnek Tereyağı (n=40) | Türkiye (n=30) | Ankara-Ayaş            | 16.36±3.65                               | 5.76  | 44.41 | -                              | -   | 10 (%100) | -       | 10 (%100) | -             |
|                      |                | Ankara-Elmadağ-Akçaali | 23.30±2.30                               | 14.02 | 34.04 | -                              | -   | 10 (%100) | -       | 10 (%100) | -             |
|                      |                | Ankara-Mamak-Bayındır  | 17.15±2.29                               | 7.10  | 27.15 | -                              | -   | 10 (%100) | -       | 10 (%100) | -             |
|                      |                | TÜRKİYE                | 18.94±1.67                               | 4.28  | 20.62 | -                              | -   | 30 (%100) | -       | 30 (%100) | -             |
|                      | Irak (n=10)    | Musul-Karakoyun Köyü   | 50.65±0.24                               | 49.60 | 51.75 | -                              | -   | 2 (%20)   | 8(%80)  | 10 (%100) | 8 (%80)       |
|                      |                | IRAK                   | 50.65±0.24                               | 49.60 | 51.75 | -                              | -   | 2 (%20)   | 8 (%80) | 40 (%100) | 8 (%80)       |
|                      |                | TOPLAM                 | 26.86±2.53                               | 5.76  | 51.75 | -                              | -   | 32 (%80)  | 8 (%20) | 40 (%100) | 8 (%20)       |

Şekil 1. Örneklem noktalarına göre koyun sütü numunelerindeki AFM1 düzeyleri

Figure 1. AFM1 levels in sheep milk samples, according to sampling points

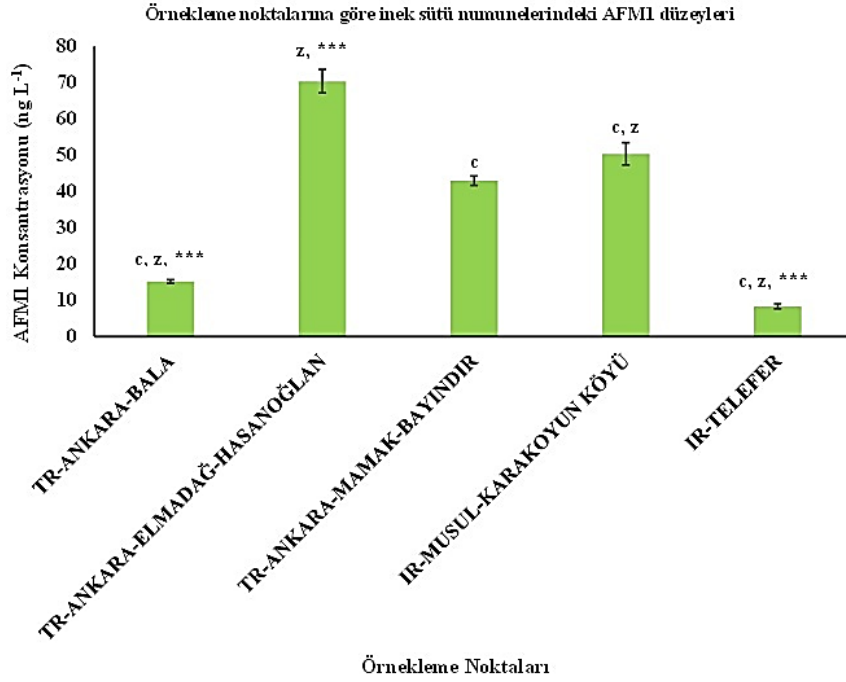


TR-Ankara-Ayaş örnekleme noktasına göre karşılaştırma; a: p<0.05, b: p<0.01, c: p<0.001

TR-Ankara-Elmadağ-Hasanoğlan örnekleme noktasına göre karşılaştırma; x: p<0.05, y: p<0.01, z: p<0.001

Şekil 2. Örneklem noktalarına göre inek sütü numunelerindeki AFM1 düzeyleri

Figure 2: AFM1 levels in cow milk samples, according to sampling points



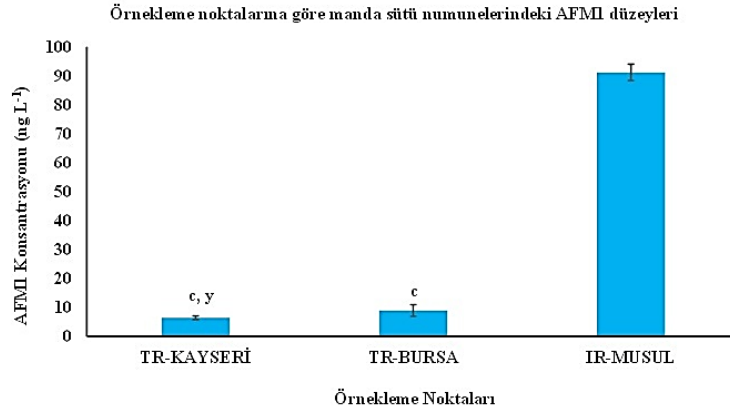
TR-Ankara-Elmadağ-Hasanoğlan örnekleme noktasına göre karşılaştırma; a: p<0.05, b: p<0.01, c: p<0.001

TR-Ankara-Mamak-Bayındır örnekleme noktasına göre karşılaştırma; x: p<0.05, y: p<0.01, z: p<0.001

IR-Musul-Karakoyun Köyü örnekleme noktasına göre karşılaştırma; \*: p<0.05, \*\*: p<0.01, \*\*\*: p<0.001

Şekil 3: Örneklem noktalarına göre manda sütü numunelerindeki AFM1 düzeyleri

Figure 3: AFM1 levels in buffalo milk samples, according to sampling points

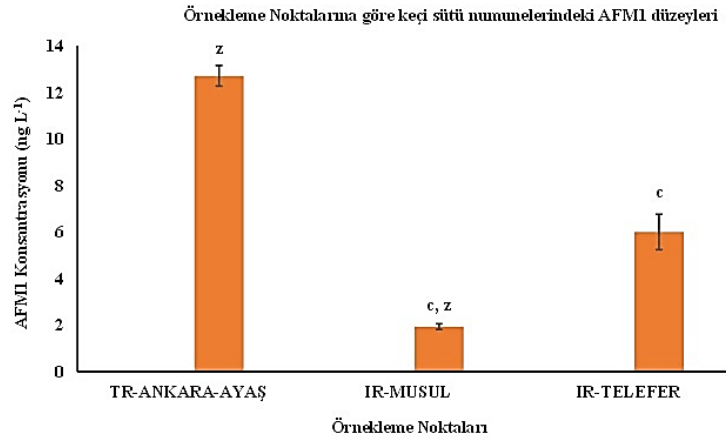


IR-Musul örneklem noktasına göre karşılaştırma; a:  $p < 0.05$ , b:  $p < 0.01$ , c:  $p < 0.001$

TR-Bursa örneklem noktasına göre karşılaştırma; x:  $p < 0.05$ , y:  $p < 0.01$ , z:  $p < 0.001$

Şekil 4: Örneklem noktalarına göre keçi sütü numunelerindeki AFM1 düzeyleri

Figure 4: AFM1 levels in goat milk samples, according to sampling points

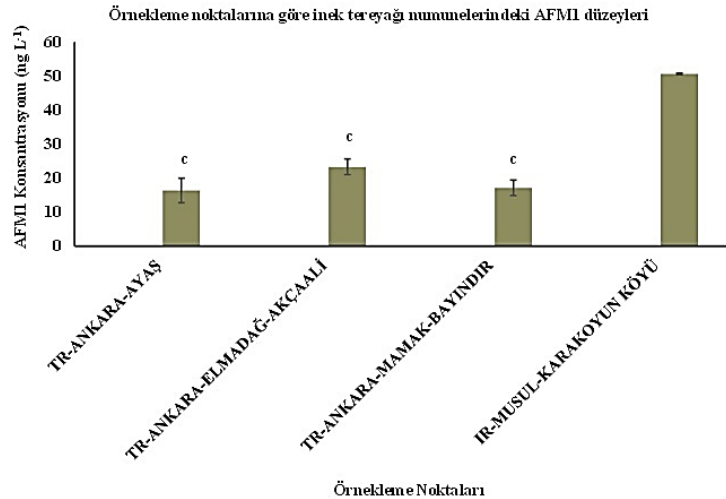


TR-Ankara-Ayaş örneklem noktasına göre karşılaştırma; a:  $p < 0.05$ , b:  $p < 0.01$ , c:  $p < 0.001$

IR-Telefer örneklem noktasına göre karşılaştırma; x:  $p < 0.05$ , y:  $p < 0.01$ , z:  $p < 0.001$

Şekil 5: Örneklem noktalarına göre inek tereyağı numunelerindeki AFM1 düzeyleri

Figure 5: AFM1 levels in cow butter samples, by sampling points



IR-Musul-Karakoyun Köyü örneklem noktasına göre karşılaştırma; a:  $p < 0.05$ , b:  $p < 0.01$ , c:  $p < 0.001$

#### 4. Tartışma

Süt ve süt ürünlerinde bulunan AFM1, insan sağlığı için önemli riskler oluşturmaktadır (İşleyici vd., 2012). Bunun için yasal düzenlemeler belirlenmiş veya tavsiye edilmiştir. Bu düzenlemeler, ekonomik koşullara bağlı olarak bir ülkeden diğerine farklılık göstermektedir (Nile vd., 2016).

Bu çalışmada, Türkiye ve Irak'taki bazı yerleşim yerlerinden toplanan çiğ süt (koyun, inek, manda, keçi sütü) ve tereyağı (inek tereyağı) örneklerinde aflatoxin M1 varlığı test edildi. Çalışmada toplanan koyun (60 örnek), inek (50 örnek), manda (30 örnek) ve keçi (30 örnek) çiğ süt örneklerinin tamamının aflatoxin M1 yönünden pozitif olduğu bulundu. Çalışma sonuçlarına benzer olarak literatürde birçok araştırmacı da (Karadal vd., 2018; Bahrami vd., 2016; Thukral vd., 2022; Tomašević vd., 2015; Gide vd., 2020; Mahmoudi, 2014; Özkan vd., 2019; Iqbal vd., 2011) analiz ettikleri çiğ süt örneklerinin aflatoxin M1 yönünden pozitif olduğunu rapor etmiştir. Çalışmamızda, Ankara-Elmadağ-Hasanoğlan köyü, Ankara-Mamak-Bayındır ve Musul-Karakoyun Köyü'nden örneklenen inek sütlerinin %32'si TGK limitini aşmıştır. Kayseri-Bursa-Musul'dan toplanan manda sütü örneklerinin %33'ü, tereyağı örneklerinin ise %20'si TGK limitlerini aşmıştır (Tablo 2a ve 2b). Çalışmamıza benzer olarak, Türkiye'de Iğdır (Yurt & Uluçay, 2017) ve Kayseri (Buldu vd., 2011) illerinden toplanan inek sütü örneklerinin sırasıyla %80 ve %70'inde, AFM1 miktarının TGK limitini aştığı tespit edilmiştir. Diğer ülkelerde yapılan çalışmalardan örnek verecek olursak; çiğ süt örneklerinde AFM1 oranları, Sudan'da %95.45 (Elzupir & Elhussein, 2010), Nijerya, Yobe Eyalet Üniversitesi Damaturu çiftliğinde %80 (Gide vd., 2020), Suriye'de %59 (Ghanem & Orfi, 2009), Hindistan'ın Pencap bölgesinde %56.2 (Thukral vd., 2022) olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar çalışmamızda bulunan oranlardan daha yüksektir. Bazı çalışmalarda ise bizim tespit ettiğimizden daha düşük oranlarda TGK limitini aşan AFM1 varlığı tespit edilmiştir. Örneğin Niğde ilinde örneklerin sadece %10'unun (Karadal vd., 2018), İran'da %15.4'ünün (Fallah vd., 2016), Pakistan'da %16.3'ünün (Iqbal vd., 2011), Orta Hırvatistan'da %1.87'sinin (Bilandžić vd., 2022) limit değerleri aştığı tespit edilmiştir. Bu farklılıklar muhtemelen ineklerin tükettiği yem maddelerindeki AFB1 miktarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. AFB1, %50-%60 arasında çevresel nem koşulları altında ve %13-%18 arasında nem içeren yemlerde kolaylıkla gelişebilen bazı küfler tarafından üretildiği için hasat öncesi ve hasat sırasında yerel hava koşulları ve depolama koşullarına dikkat edilmelidir (Hashemi, 2016). Manda sütü örnekleri ile ilgili çalışmamızda, Irak-Musul'dan alınan örneklerde AFM1 düzeyinin AB ve TGK limitlerini aştığı görüldü. Bu sonuçlar, Irak-Musul'da yaygın olarak tüketilen süt veya süt ürünü örneklerinin AFM1 kontaminasyonu için sürekli gözetiminin önemini göstermiştir.

Çiğ sütte AFM1 seviyesi, mevsimlere göre değişkenlik göstermektedir. Mevsimler arası karşılaştırma çalışmalarında, hayvanların çiğ sütündeki AFM1 seviyesinin, ot, çim ve kaba yemlerin daha bol olduğu ve meralardan daha fazla beslenen ilkbahar ve yaz aylarında, konsantre yemle beslenen kış aylarına göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Hayvanları yaz sonuna kadar yeşil ve taze otlarla beslemek, yemdeki

AFB1 miktarının azalmasına ve dolayısıyla çiğ sütteki AFM1 seviyesinin düşmesine neden olmaktadır (Roila vd., 2021; İşleyici, 2015). Koyun sütü ve keçi sütü örneklerimizde limiti aşan bulunmamıştır. Bu yüzden Irak ve Türkiye'de koyun ve keçi sütü örneklerimiz TGK'ya göre tüketim için uygundur ve insan sağlığını etkilememektedir. Bu sonuçların sebeplerinden biri, yukarıda belirttiğimiz gibi, süt numunelerini, hayvanların en sağlıklı beslendiği ilkbahar mevsiminde temin etmiş olmamızdır.

Çalışmamızda, tereyağı örneklerinden Irak-Musul'dan temin edilenlerin %80'inin AB ve TGK limitlerini aştığı, Ankara'dan toplananların ise limiti aşmadığı görüldü. Genelde, tereyağı diğer süt ürünlerinden daha az aflatoxin içermektedir. Çünkü tereyağı suda çözünür ve kazein proteini içerir. AFM1 ile kontamine olmuş kremadan tereyağı üretimi sırasında mikotoksinlerin çoğunun yıkama suyuna geçtiği bildirilmiştir (Özkan & Onmaz, 2019; Ráduly vd., 2020; Agriopoulou vd., 2020). Çalışmamızda Ankara'dan toplanan tereyağı örneklerinde AFM1 düzeyi her ne kadar TGK limitini aşmadıysa da bazı numunelerde yüksekti. Bunun ana sebebi ise, tereyağının elde edildiği inek sütü örneklerinde yüksek miktarda AFM1'e rastlanmasıdır. Bu yüzden bu bölgelerde inek sütü için önlemler alınmalı ve AFM1 seviyelerini en az miktara düşürmek hedeflenmelidir. AFM1'i kontrol etmek için, hayvansal kullanım amaçlı tarımsal ürünlerde küf gelişimini ve aflatoxin B1 (AFB1) oluşumunu önleyerek süt hayvanlarının beslenmelerinde AFB1 kontaminasyonunu azaltmak gerekmektedir. Yem eldesinde kullanılan silaj gibi ürünler AFB1 açısından en fazla kontaminasyona uğrayan yem ham maddelerindedir. Silaj üretimi sırasında aflatoxin oluşumu çoğunlukla hasat zamanı, döllenme, sulama, haşere kontrolü, silaj nemi ve depolama uygulamaları gibi faktörlerden etkilenmektedir. Bu nedenle muhafaza neminin, çekirdek mekaniksel hasarının, tahıl temizleme uygulamalarının ve muhafaza sıcaklığının dikkatle kontrol edilmesi gerekmektedir (Aksoy ve Sezer, 2019).

#### 5. Sonuç

Çalışmamızda TR-Ankara-Elmadağ-Hasanoğlan inek sütü numunelerindeki AFM1 düzeyinin yüksek seviyeye ulaştığı ve TGK limitini aştığı bulundu. Tespit edilen AFM1 varlığı halk sağlığı açısından önemlidir ve sistematik olarak kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, Türkiye'de inek sütünde AFM1 aranması çalışmalarının daha fazla yapılmasını önermekteyiz. Aynı zamanda IR-Musul manda sütü, inek sütü ve inek tereyağı örneklerindeki AFM1 düzeyinin de AB ve TGK limitini aştığı görüldü. Irak'ta bu tür AFM1 aranması çalışmaları çok eksik veya yok denebilecek kadar azdır. Bu yüzden bu bölgede de bu tür çalışmaların başlatılması ve sürdürülmesi önerilmektedir. Gerekli koruyucu önlemlerin çiftlikten sofraya kadar her aşamada alınması gerektiği dikkate alındığında, aflatoxinlerin neden olduğu potansiyel sağlık problemleri ve sonuçları konusunda besi yetiştiriciliği yapan kişiler ile süt ve süt ürünleri üreticilerinin bilgilendirilmelerine yönelik eğitim programlarına ağırlık verilmelidir. Hayvanlara verilen yemlerden kaynaklanabileceği ihtimali de düşünülerek, AFM1 kontaminasyonunu süt ve süt ürünlerinde minimize etmek için yem hammaddelerinin seçimi,



hayvan yemlerinin rutin olarak aflatoksin yönünden (AFB1) kalite kontrolünün analiz edilmesi, modern üretim tekniklerinin yaygınlaştırılması, süt hayvanlarının beslenmesinde kullanılan yem maddelerinin depolanma koşullarının iyileştirilmesi ve sıkı bir şekilde denetlenmesi önem arz etmektedir. İyi tarım uygulamalarının hayata geçirilmesi, üretici ve tüketici bilincinin artırılması ile halk sağlığı korunacaktır. Çalışmamızın sonuçları, çiğ süt ve tereyağı örneklerinde, ileriki zamanlarda yapılacak olan toksikolojik ve biyokimyasal analizler için bir ön bilgi niteliğindedir.

**Teşekkür:** Bu çalışma Karabük Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri birimi tarafından KBÜBAP-22YL-021 numaralı proje ile maddi olarak desteklenmiştir.

**Etik kurul onayı:** Bu çalışma için etik kurul onayı alınmasına gerek yoktur.

**Çıkar çatışması:** Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan etmiştir.

**Yazar Katkısı:** Fikir/Kavram - H.S.; Tasarım - M.U., H.S., M.N.S.H.; Denetleme/Danışmanlık - H.S., M.U.; Kaynaklar/Fon Sağlama - Karabük Üniversitesi; Materyaller - Karabük Üniversitesi; Veri Toplama veya İşleme - M.N.S.H.; Analiz Yorumlama - M.U., H.S., M.N.S.H.; Kaynak Taraması - M.U., H.S., M.N.S.H.; Makalenin Yazımı - M.U., H.S., M.N.S.H.; Eleştirel İnceleme - M.U., H.S.

## Kaynaklar

Agriopoulou, S., Stamatelopoulou, E., & Varzakas, T. (2020). Advances in occurrence, importance, and mycotoxin control strategies: Prevention and detoxification in foods", *Foods*, 9(2), 137. <https://doi.org/10.3390/foods9020137>

Aksoy, A., & Sezer, Ç. (2019). Kars İlinde Tüketime Sunulan Çiğ Süt ve Bazı Peynir Çeşitlerinde Aflatoksin M1 Varlığının Değerlendirilmesi. *Kocatepe Veterinary Journal*, 12(1), 39-44. <https://doi.org/10.30607/kvj.479157>

Azam, M., Ahmed, S., Islam, M., Maitra, P., & Yu, D. (2021). Critical assessment of mycotoxins in beverages and their control measures. *Toxins*, 13(5), 323. <https://doi.org/10.3390/toxins13050323>

Bahrami, R., Shahbazi, Y., & Nikousefat, Z. (2016). Aflatoxin M1 in milk and traditional dairy products from west part of Iran: Occurrence and seasonal variation with an emphasis on risk assessment of human exposure. *Food Control*, 62, 250-256. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.10.039>

Bilandžić, N., Varga, I., Varenina, I., Solomun Kolanović, B., Božić Luburić, Đ., Đokić, M., Cvetnić, L., & Cvetnić, Ž. (2022). Seasonal occurrence of aflatoxin M1 in raw milk during a five-year period in Croatia: Dietary exposure and risk assessment. *Foods*, 11(13), 1959. <https://doi.org/10.3390/foods11131959>

Buldu, H., Koc, A.N., & URAZ, G. (2011). Aflatoxin M1 contamination in cow's milk in Kayseri (central Turkey). *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 35(2), 87-91. <https://doi.org/10.3906/vet-0810-5>

De Souza, C., Khaneghah, A.M., & Oliveira, C.A.F. (2021). The occurrence of aflatoxin M1 in industrial and traditional fermented milk: A systematic review study. *Italian Journal of Food Science*, 33, 12-23. <https://doi.org/10.15586/ijfs.v33iSP1.1982>

Elzupir, A.O., & Elhussein, A.M. (2010). Determination of aflatoxin M1 in dairy cattle milk in Khartoum State, Sudan. *Food control*, 21(6), 945-946. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2009.11.013>

Fallah, A.A., Fazlollahi, R., & Emami, A. (2016). Seasonal study of aflatoxin M1 contamination in milk of four dairy species in Yazd, Iran. *Food Control*, 68, 77-82. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.03.018>

Flores-Flores, M.E., & González-Peñas, E. (2017). An LC-MS/MS method for multi-mycotoxin quantification in cow milk. *Food Chemistry*, 218, 378-385. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.101>

Ghaffarian Bahraman, A., Mohammadi, S., Jafari, A., Ghani-Dehkordid, J., Arabnezhad, M.R., Rahmdel, S., & Hosseini Teshnizi, S. (2020). Occurrence of aflatoxin M1 in milks of five animal species in Iran: a systematic review and meta-analysis. *Food Reviews International*, 36(7), 692-712. <https://doi.org/10.1080/87559129.2019.1669164>

Ghanem, I., & Orfi, M. (2009). Aflatoxin M1 in raw, pasteurized and powdered milk available in the Syrian market. *Food Control*, 20(6), 603-605. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2008.08.018>

Gide, S., Muhammed, B., Galal, G.H., Iliyah, A.A., Mabu, I.M., Lawan, M.S., Muhammad, Y., & Sheriff, W. (2020). Determination of aflatoxin M1 in raw milk produce at Yobe State University Farm Damaturu, Nigeria. *Fudma Journal of Sciences*, 4(3), 457-46. <https://doi.org/10.33003/fjs-2020-0403-413>

Hashemi, M. (2016). A survey of aflatoxin M1 in cow milk in Southern Iran. *Journal of food and drug analysis*, 24(4), 888-893. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.05.002>

Hussain, I., Anwar, J., Asi, M.R., Munawar, M.A., & Kashif, M. (2010). Aflatoxin M1 contamination in milk from five dairy species in Pakistan. *Food control*, 21(2), 122-124. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2008.12.004>

Iqbal, S.Z., Asi, M.R., & Ariño, A. (2011). Aflatoxin M1 contamination in cow and buffalo milk samples from the North West Frontier Province (NWFP) and Punjab provinces of Pakistan. *Food Additives and Contaminants: Part B*, 4(4), 282-288. <https://doi.org/10.1080/19393210.2011.637237>

İşleyici, Ö., Morul, F., & Sancak, Y.C. (2012). Van'da tüketime sunulan UHT sterilize inek sütlerinde aflatoksin M1 düzeyinin araştırılması. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 23(2), 65-69.

İşleyici, Ö., Sancak, Y.C., Sancak, H., & Yücel, U.M. (2015). Determination of Aflatoxin M1 Levels in Unpackaged Sold Raw Cow's Milk. *Van Veterinary Journal*, 26(3), 151-155.

Karadal, F., Onmaz, N.E., Hızlısoy, H., Yıldırım, Y., Serhat, A.L., & Gönülalan, Z. (2018). Niğde ilindeki çiğ koyun, keçi ve inek sütlerinde aflatoksin M1 düzeyleri. *Kocatepe Veterinary Journal*, 11(2), 119-125. <https://doi.org/10.30607/kvj.376355>

Karaoğlan, H., Yanık, E.D., & Tunç, N. (2022). Ülkemizde ve dünyada süt ve süt ürünlerinde aflatoksin M1 varlığı. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 53(1), 81-87. <https://doi.org/10.54614/AUAF.2022.995228>

Karimi Dehcheshmeh, B., Shakerian, A., & Rahimi, E. (2021). Evaluation of aflatoxin M1 and heavy metal in raw materials and infant formula produced in Pegah dairy plants, Iran. *Journal of Chemical Health Risks*, 11(1), 55-62. <https://doi.org/10.22034/jchr.2020.1907145.1166>

Mahmoudi, R. (2014). Seasonal pattern of aflatoxin M1 contamination in buffalo milk. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 20(1), 9-13.

Matabaro, E., Ishimwe, N., Uwimbabazi, E., & Lee, B.H. (2017). Current immunoassay methods for the rapid detection of aflatoxin in milk and dairy products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(5), 808-820. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12287>

Mehenkaş, C. (2019). Süt ve süt ürünlerinde aflatoksin M1. *Akademik Gıda*, 17(3), 439-443. <https://doi.org/10.24323/akademik-gida.647735>

Merve, A.Ç.U. & Ocak, Ö.Ö. (2019). Gıdalarda aflatoksin düzeylerinin belirlenmesinde kullanılan analiz yöntemleri. *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4(2), 168-181. <https://doi.org/10.33484/sinopfdb.537820>

Negash, D. (2018). A review of aflatoxin: occurrence, prevention, and gaps in both food and feed safety. *Journal of Applied Microbiological Research*, 1(1), 35-43. <https://doi.org/10.3619/2581-7566.1000106>

Nile, S.H., Park, S. W., & Khobragade, C.N. (2016). Occurrence and analysis of aflatoxin M1 in milk produced by Indian dairy species. *Food and Agricultural Immunology*, 27(3), 358-366. <https://doi.org/10.1080/09540105.2015.1104655>

Özkan, N.A., & Onmaz, N.E. (2019). Perakende Olarak Satışa Sunulan Kaymak ve Tereyağlarda Aflatoksin M1 Varlığı. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 16(3), 213-217. <https://doi.org/10.32707/ercivet.648571>

Ráduly, Z., Szabó, L., Madar, A., Pócsi, I., & Csernoch, L. (2020). Toxicological and medical aspects of Aspergillus-derived mycotoxins entering the feed and food chain. *Frontiers in Microbiology*, 10, 2908. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02908>

Rahimi, E., Bonyadian, M., Rafei, M., & Kazemeini, H.R. (2010). Occurrence of aflatoxin M1 in raw milk of five dairy species in Ahvaz, Iran. *Food and Chemical Toxicology*, 48(1), 129-131. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.09.028>

Roila, R., Branciari, R., Verdini, E., Ranucci, D., Valiani, A., Pelliccia, A., Fioroni, L., & Pecorelli, I. (2021). A Study of the Occurrence of Aflatoxin M1 in Milk Supply Chain over a Seven-Year Period (2014-2020): Human Exposure Assessment and Risk Characterization in the Population of Central Italy. *Foods*, 10(7), 1529. <https://doi.org/10.3390/foods10071529>

- Thukral, H., Dhaka, P., Bedi, J.S., & Aulakh, R.S. (2022). Occurrence of aflatoxin M1 in bovine milk and associated risk factors among dairy farms of Punjab, India. *World Mycotoxin Journal*, 15(2), 201-210. <https://doi.org/10.3920/WMJ2021.2697>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.03.017>
- Türkoğlu, Ç. (2018). Çiğ, pastörize ve UHT sütlerde Aflatoksin M1 ve Okratoksin A varlığının araştırılması, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Hayvansal Ürünler Hijyen ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Burdur, sy 3-18.
- Yurt, B., & Uluçay, B. (2017). Determination of some chemical properties and aflatoxin M1 of milk produced in Iğdır. *Turkish Journal of Nature and Science*, 6(2), 32-39.
-